Universidad Nacional de Mar del Plata - Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social

Repositorio Kimelü **http://kimelu.mdp.edu.ar/**

Licenciatura en Terapia Ocupacional Tesis de Terapia Ocupacional

2026-02

Implementación de Realidad Virtual no inmersiva dentro del plan de tratamiento de Terapia Ocupacional en personas con fractura/s de metacarpiano/s y/o falange/s

Castano, Sofía

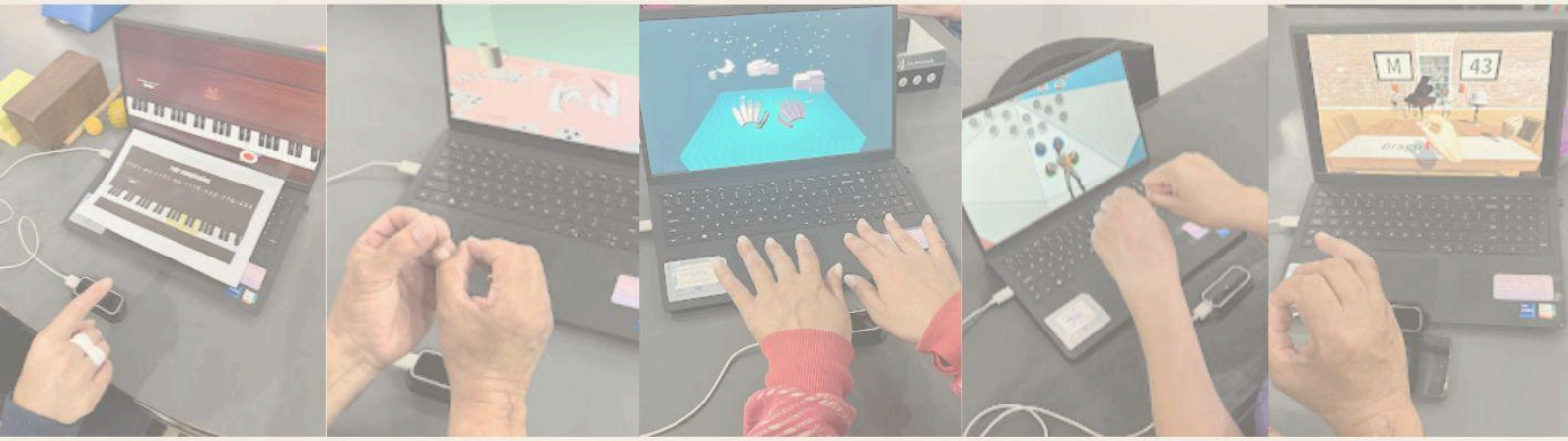
http://kimelu.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/1155

Downloaded from DSpace Repository, DSpace Institution's institutional repository

“Implementación de realidad virtual no inmersiva dentro del plan de tratamiento de Terapia Ocupacional en personas con fractura/s de metacarpiano/s y/o falange/s”.

Tesis de Grado para optar al título de Licenciadas en Terapia Ocupacional.

Departamento pedagógico de Terapia Ocupacional.
Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social.
Universidad Nacional de Mar del Plata.



Castano, Sofía.
Rossi, Valentina.

Febrero de 2026.
Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

Directora:



Valle, Ana.

Licenciada en Terapia Ocupacional.

MPO 929

Asesor metodológico:

Asignatura Taller de Trabajo Final de la carrera de Licenciatura en Terapia Ocupacional. Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Autoras:



Castano, Sofía. DNI 44.860.949



Rossi, Valentina. DNI 43.392.232

AGRADECIMIENTOS DE SOFI Y VALEN

En este apartado queremos expresar nuestros agradecimientos a las personas, lugares e instituciones que hicieron posible nuestro paso por la carrera y, específicamente, por este trabajo final, actuando como facilitadores y contribuyendo a que esta etapa fuera armoniosa, cálida y llena de buenos recuerdos.

En primer lugar, agradecemos a nuestra directora, Ana Valle, quien accedió a acompañarnos en este camino y en este tramo final. Siempre con gran responsabilidad y predisposición, y sobre todo, palabras de aliento y cariño. Gran docente, profesional y persona.

A las y los docentes del área de investigación y, específicamente, del Taller de Trabajo Final, por brindarnos seguridad en este camino, nuevo para nosotras, dentro de la investigación; y por la predisposición de leer nuestros avances y responder a nuestras dudas siempre que lo necesitamos.

A la Clínica de Fracturas y Ortopedia de la ciudad de Mar del Plata, que siempre nos recibió con las puertas abiertas, tanto para realizar la práctica pre profesional, como para desarrollar nuestro tema de investigación.

A todas las profesionales que forman parte del Servicio de Terapia Ocupacional de la Clínica: Caro, Yesi, Andre, Sofi, Gaby, Lara y Diana, quienes, siempre predispuestas y atentas a aportar a nuestro trabajo, nos recibieron con gran calidez y cariño, logrando que el trabajo de campo sea llevadero y enriquecedor.

A todas las personas, pacientes de la Clínica de Fracturas y Ortopedia, que formaron parte de la muestra de esta investigación, por aceptar nuestra intervención y disponer de su tiempo y compromiso de manera tan amable.

Finalmente, queremos agradecer a la Universidad Nacional de Mar del Plata y, en especial, a la Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social, por posibilitar nuestra formación de grado y permitiéndonos hoy llegar a ser profesionales de la salud.

AGRADECIMIENTOS DE SOFI

Este trabajo representa el cierre de una etapa muy importante en mi vida. El proceso estuvo lleno de aprendizajes, desafíos, grandes alegrías y también momentos de cansancio y dudas. Ninguno de estos momentos fue en soledad: estuve acompañada de personas que amo, que me sostuvieron, me alentaron y siempre confiaron en mí. Por eso, quiero agradecer a cada una de ellas.

A mi mamá y papá. Por ser pilares fundamentales de cada logro y paso en mi vida. Siempre al pie del cañón, acompañándome de la manera más amorosa e incondicional que conozco. Por darme la posibilidad de dedicarme plenamente al estudio; este logro es también de ustedes. Los admiro y los amo. Gracias por siempre confiar en mí.

A mi abuela Burli, por estar siempre presente: en cada vianda, en cada mensaje de aliento, en cada amuleto de la suerte. A mi hermano Agus, que tantas veces tuvo que escuchar la frase "¿Me tomás por favor? ¿Me hacés preguntas?" previo a los exámenes. A toda mi familia, quienes siempre estuvieron presentes, alegrándose por los aciertos y pendientes de cada paso.

A mis amigas de toda la vida, por compartir conmigo, brindarme apoyo incondicional y risas interminables. Por cada tarde que, pese a no estudiar lo mismo, compartimos mate y mesa de estudio, e incluso viajes en los que se encontraron un tiempo para ayudarme a preparar un final. Por estar a mi lado en este y en cada uno de los momentos de mi vida. Gracias por ser las mejores amigas del mundo entero.

A mis amigas de la facultad, tan fundamentales en este recorrido. Por cada día interminable de cursada, de esos que empezaban 8 am y terminaban 8 pm, en los que lo único que importaba era que hubiera mate y una rica comida en el comedor. Por cada tarde de estudio compartida, cada cábala pre examen, cada día que fuimos todas vestidas del mismo color para la buena suerte. Y por sobre todo, gracias por su amistad que trascendió el estudio y me acompaña en cada momento.

Y por último, una mención especial para Valen. Por ser la mejor compañera de tesis, compañera de facultad y amiga que pude tener. Por lo valioso que fue transitar esta etapa de tantos cambios e incertidumbres con una persona tan especial. Gracias por elegir compartir este camino conmigo, sumarte a todo, aportar calma en los momentos de pánico. Te quiero con todo mi corazón.

Quienes me conocen saben que los cambios y los cierres de etapa no son mis momentos favoritos. Hoy puedo decir que termino este gran camino de la manera más feliz y profundamente agradecida. Simplemente, gracias.

AGRADECIMIENTOS DE VALEN

Durante mi trayectoria universitaria y de formación profesional, he conocido y compartido con personas que hicieron de este recorrido una hermosa etapa de vida. Finalizarla no es solo un logro mío, sino también de quienes me acompañaron a lo largo del proceso y contribuyeron a que hoy pueda alcanzar esta meta. Vale la pena mencionarlas y agradecerles.

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia. A mis papás, por darme la oportunidad de vivir y estudiar en otra ciudad, y por el esfuerzo y el apoyo constante que me brindaron para que mi única responsabilidad fuera el estudio, lo que me permitió transitar la carrera con dedicación exclusiva y finalizarla en el tiempo en que lo hice. Ese mérito también es de ustedes. Un especial reconocimiento a mi mamá, que todos los años me ayudó a buscar departamentos y hacer las innumerables mudanzas.

A mi hermana, a mi abuela Marta y a mi prima Isa, quienes escucharon mis lecciones orales y mis momentos de estudio en voz alta a pesar de no entender ni jota. Y a mi abuela, también, por recordar cada fecha de examen que le decía y prender una velita para la buena suerte, acompañada de mensajitos alentadores en los que nunca faltaba el: “andá con confianza, que vos estudiaste y sabés”. Agradezco también al resto de mi familia, que siempre estuvo presente, alegrándose por mis logros e impulsandome en mis momentos difíciles.

En segundo lugar, quiero agradecer a mis amigas. Por un lado, a mi grupo del colegio, quienes, a pesar de la distancia y de sus propias responsabilidades, siempre se hicieron presentes y estuvieron para alentarme. Por otro lado, a mis amigas y compañeras de carrera. Sin ellas, mi tránsito por esta licenciatura no hubiera sido lo mismo. Hicieron que las cursadas, los trabajos en grupo, las prácticas, y los momentos tensos de finales y parciales fueran más amenos, llevaderos, divertidos y, sobre todo, superables. Desde las primeras semanas de cursada con Ani, a quien conocí primero y que hizo que este nuevo mundo universitario resultara menos incierto, acompañándome incondicionalmente, hasta los últimos pasos compartidos con Sofi, que me dio seguridad en mis momentos de duda, de quien apuntes y resúmenes nunca faltaban y que generosamente compartia, y quien me recordaba las cosas en mis momentos de dispersión. Me alegra que seas vos con quien comparto este tramo final tan especial para ambas.

Tanto mis amigas de la carrera como aquellas amigas del colegio que vivían en Mardel hicieron que el desafío de vivir sola en una nueva ciudad fuera más fácil, con juntadas en la costa, cenas, y hasta incluyéndome en sus planes familiares. Gracias por su compañía y por dejarme de esta etapa hermosos recuerdos.

ÍNDICE

Hoja de firmas 1

Agradecimientos 2

Resumen 7

Introducción 7

Problema de investigación 8

Objetivos de la investigación 9

Fundamentación 9

Estado Actual de la Cuestión 11

Marco teórico 13

Capítulo 1: Mano 13

1.1 Anatomía de la mano 13

1.2 Biomecánica de la mano 16

1.3 Fracturas de la mano 19

Fracturas de metacarpiano/os 20

Fracturas de falange/es 22

1.4 Tratamiento de rehabilitación desde Terapia Ocupacional 24

Capítulo 2: Destrezas manipulativas 26

2.1 Definición de Destrezas Manipulativas 26

2.2 Evaluación de Destrezas manipulativas 27

Capítulo 3: Dolor 28

3.1 Definición y clasificación de dolor 28

3.2 Evaluación de dolor 29

Capítulo 4: Funcionalidad de la mano 30

4.1 Definición de funcionalidad 30

4.2 Evaluación de la funcionalidad de la mano 31

Capítulo 5: Percepción de la experiencia 32

5.1 Definición de percepción 32

5.2 Percepción y rehabilitación 32

5.3 Motivación desde el enfoque de T.O 33

Capítulo 6: Realidad Virtual 35

6.1 Realidad Virtual 35

6.2 Realidad Virtual y Rehabilitación 36

6.3 Leap Motion Controller 37

Capítulo 7: Marcos teóricos de referencia desde Terapia Ocupacional 39

7.1. Marco de Trabajo para la práctica de Terapia Ocupacional 39

7.2 Modelo Biomecánico 39

7.3 Modelo HAAT 40

Diseño metodológico 41

Enfoque y tipo de estudio 41

Variables principales del estudio 42

Población 43

Muestra 43

Método y criterios de selección de la muestra 44

Técnicas e instrumentos de recolección de datos 44

Intervención 46

Juegos de la presente investigación 47

Análisis de datos 49

Resultados 50

Conclusiones y reflexiones finales 57

Limitaciones del estudio 59

Aspectos éticos 59

Referencias bibliográficas 60

Anexos 68

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo principal evaluar la eficacia del uso de juegos de realidad virtual no inmersiva, aplicados mediante un sensor de movimiento de manos, como parte del plan de tratamiento de personas con fracturas de metacarpiano/os y/o falange/es que asistieron al Servicio de Terapia Ocupacional de la Clínica de Fracturas y Ortopedia de la ciudad de Mar del Plata durante el periodo de noviembre 2025 - febrero 2026.

Las variables principales del estudio incluyeron: las destrezas manipulativas, medidas mediante la Prueba de Clavijas con Nueve Orificios; el dolor, evaluado con la Escala Visual Analógica; la funcionalidad de la mano, evaluada con la versión abreviada del Cuestionario de Discapacidad del Hombro, Codo y Mano (Quick-DASH); y la percepción de los pacientes sobre el uso del sensor de movimiento, evaluada con una escala Likert de elaboración propia.

Se planteó un diseño de estudio pre-experimental con una muestra no probabilística por conveniencia, conformada por los pacientes que cumplían los criterios de inclusión al momento de la investigación. La intervención incluyó 20 sesiones de juegos de realidad virtual no inmersiva utilizados durante 10 minutos luego de la sesión de tratamiento habitual. Estos juegos fueron graduados de menor a mayor complejidad a lo largo de la intervención. Para la recolección de datos se utilizaron evaluaciones pre y post intervención.

Palabras clave: Terapia Ocupacional; Realidad virtual; Destrezas manipulativas; Rehabilitación de mano; Dolor.

INTRODUCCIÓN

La temática del presente estudio surge luego de la experiencia de práctica pre-profesional de la Licenciatura en Terapia Ocupacional, transitada durante el periodo de abril - julio del año 2025 en la Clínica de Fracturas y Ortopedia de la Ciudad de Mar del Plata. A lo largo de este tiempo se pudo conocer el rol de la Terapia Ocupacional en la rehabilitación física de lesiones traumatológicas, e interiorizar en cómo las distintas lesiones afectan, no solo aspectos anatómicos y biomecánicos de manera aislada, sino que implican un compromiso global de la persona, repercutiendo en el desarrollo de sus actividades de la vida diaria, laborales, de ocio, y en su funcionalidad en general.

A partir de esto es que surge el interés por las destrezas manipulativas, entendidas como aquellas habilidades que permiten un adecuado uso cotidiano de la mano y, por lo tanto, una participación satisfactoria en las ocupaciones. En este contexto, se desarrolló una exhaustiva búsqueda bibliográfica en diversas plataformas acerca de a qué se considera “destrezas manipulativas", cómo

estas se ven afectadas por las distintas lesiones, y qué recursos se encuentran disponibles en la actualidad para dar respuesta a su compromiso.

Se encontraron numerosas investigaciones interesadas en desarrollar intervenciones lúdicas, integrando las nuevas tecnologías, para la rehabilitación del miembro superior. Muchas de estas investigaciones provienen de países desarrollados y/o de instituciones que cuentan con gran cantidad de recursos económicos y de inversión tecnológica, utilizando la realidad virtual inmersiva como parte del plan de tratamiento (Baeza, 2023. Ríos, 2023. George, 2025). En contraste, se encontraron otras investigaciones que buscaron utilizar un recurso similar, pero económico, para poder abordar las destrezas manipulativas desde una intervención "gamificada" o lúdica. Es en estas investigaciones que surge el uso del sensor de movimiento de manos o Leap Motion Controller, un dispositivo USB que permite participar de entornos no inmersivos, como una posibilidad rentable e igualmente efectiva en áreas de salud y rehabilitación (Lotze, 2019. Fernandez-Gonzales, 2019. Lahude, 2023. Aguilera-Rubio, 2024).

Consideramos el dolor y la funcionalidad como aspectos estrechamente relacionados con las destrezas manipulativas. El dolor constituye un factor condicionante en los procesos de rehabilitación, ya que puede limitar el movimiento, interferir en el desempeño ocupacional y afectar la adherencia al tratamiento. Asimismo, la funcionalidad de la mano se encuentra directamente vinculada a la posibilidad de realizar actividades significativas de manera autónoma, por lo que su recuperación resulta un objetivo central en la intervención desde la Terapia Ocupacional. La presencia o disminución del dolor, junto con la mejora de las destrezas manipulativas, inciden de manera directa en la funcionalidad de la mano, determinando en gran medida el éxito del proceso rehabilitador.

Por último, la percepción que cada persona tiene respecto de su propio proceso de rehabilitación adquiere un rol relevante, en tanto influye en la motivación, la adherencia al tratamiento y la participación activa en las propuestas terapéuticas. En este sentido, se espera que el uso de intervenciones lúdicas y tecnologías aplicadas a la rehabilitación, como los juegos de realidad virtual no inmersiva, puedan impactar positivamente en la experiencia subjetiva de los pacientes, favoreciendo el compromiso con el tratamiento y potenciando los resultados funcionales.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el efecto del uso de juegos de realidad virtual no inmersiva aplicada a través del sensor de movimiento de manos en el tratamiento de las destrezas manipulativas, el dolor y la funcionalidad de la mano, y cómo es la percepción del uso de dicho dispositivo por los pacientes, en personas con fractura/s de metacarpiano/os y/o falange/es que asisten al servicio de Terapia Ocupacional de la Clínica de Fracturas y Ortopedia de la Ciudad de Mar del Plata en el periodo de noviembre 2025 - febrero 2026?

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general

Evaluar la eficacia del uso de juegos de realidad virtual no inmersiva aplicados a partir de un sensor de movimiento de manos, en la mejora de las destrezas manipulativas, el dolor y la funcionalidad de la mano, así como conocer la percepción de los pacientes acerca del uso de dicho dispositivo, en personas con diagnóstico de fractura/s de metacarpiano/os y/o falange/es, que asisten al Servicio de Terapia Ocupacional de la Clínica de Fractura y Ortopedia de la ciudad de Mar del Plata, durante el periodo de noviembre 2025 - febrero 2026.

Objetivos específicos

- Medir las destrezas manipulativas antes y después de la intervención con juegos de realidad virtual no inmersiva.
- Comparar la percepción del dolor antes y después de la intervención con juegos de realidad virtual no inmersiva.
- Reconocer si existen variaciones en la funcionalidad de la mano antes y después de la intervención con juegos de realidad virtual no inmersiva.
- Indagar sobre la percepción subjetiva de los pacientes en el uso del sensor de movimiento de manos y la experiencia vivenciada con los juegos de realidad virtual no inmersiva.

FUNDAMENTACIÓN

En el cuerpo humano, la mano cumple un rol fundamental, constituyéndose como uno de los principales órganos de relación con el mundo externo. Actúa como un medio esencial de interacción del ser humano con su entorno físico y social a través de la manipulación, construcción y transformación de objetos, la comunicación no verbal y la expresión emocional mediante el contacto con otros (Kapandji, 2012). La mano es utilizada de manera constante en la vida diaria, en actividades del hogar, laborales, sociales, escolares, entre otras; siendo sometida a múltiples movimientos, cargas y fuerzas de tracción. Frente a este importante papel, es indispensable la preservación de las estructuras que la conforman, garantizando su funcionamiento armonioso y, en consecuencia, la libre participación en las ocupaciones.

Las amplias posibilidades funcionales de la mano y el gran número de acciones que realiza la vuelven especialmente propensa a sufrir accidentes, presentando una elevada incidencia de lesiones, particularmente en el ámbito laboral, donde constituyen un porcentaje considerable del total de accidentes. Cifras estadísticas de Argentina respaldan esta afirmación: la Superintendencia de Riesgos de Trabajo reportó que, en el periodo de enero-marzo de 2023, las lesiones de miembros superiores

representaron el 31,6% del total de accidentes notificados; en 2024 este porcentaje fue de 31,5%, y en 2025 ascendió al 33,1% del total (Superintendencia de Riesgos de Trabajo, 2025).

La relevancia de los traumatismos de mano no sólo radica en su elevada frecuencia, sino también en las importantes secuelas anatómicas, funcionales y emocionales que pueden generar en las personas que los padecen. Estas secuelas pueden ocasionar diferentes grados de limitaciones e incapacidades, afectando el desempeño ocupacional de la persona.

La rehabilitación y tratamiento actual de las lesiones de mano desde Terapia Ocupacional abarca numerosas técnicas destinadas a la recuperación del arco de movimiento, fuerza muscular, sensibilidad, abordaje de la cicatriz, el edema, el dolor, así como a la recuperación de la funcionalidad general del segmento lesionado. El objetivo principal es mejorar y/o restablecer el desempeño ocupacional del paciente y su libre participación en las actividades cotidianas. Sin embargo, este proceso suele desarrollarse a lo largo de múltiples sesiones y puede implicar la reiteración de tareas y ejercicios terapéuticos que, si bien resultan fundamentales para la recuperación, en ocasiones disminuyen la motivación del paciente respecto al tratamiento.

Por otro lado, según el Marco de Trabajo de Terapia Ocupacional, los terapeutas ocupacionales se centran en el uso terapéutico de las ocupaciones para promover la salud, el bienestar y la participación en la vida. Dentro de las distintas ocupaciones se incluye el juego, definido como "la participación en una amplia gama de experiencias que incluyen, entre otras, exploración, humor, fantasía, riesgo, concursos y celebraciones" (AOTA, 2020). A partir de este marco, es posible considerar el juego como un recurso de intervención en Terapia Ocupacional. Mediante el análisis de actividad, que "sirve para desarrollar una comprensión de las demandas de actividad típicas dentro de una cultura dada" (AOTA, 2020), es posible identificar las demandas específicas de cada juego y emplearlas para alcanzar distintos objetivos terapéuticos. Asimismo, resulta de suma importancia el carácter motivador del juego, que puede aumentar la adherencia a los distintos tratamientos.

En base a lo expuesto, se formula la propuesta de incorporar recursos lúdicos, como los videojuegos, al proceso de rehabilitación en Terapia Ocupacional luego de una lesión física. Numerosos estudios (Wang *et al*, 2017. De los Reyes Guzmán *et al*, 2018. Fernández-González *et al*, 2019. Caballero, A. Genre, C. 2021. Laude *et al*, 2023. Aguilera-Rubio *et al*, 2024) han demostrado que estos recursos incrementan la tolerancia, la adherencia al tratamiento, y la motivación del paciente. A su vez, se han observado efectos positivos vinculados al alivio del dolor, la movilidad articular y las funciones motoras en personas con afecciones musculoesqueléticas (George *et al*, 2025).

ESTADO ACTUAL DE LA CUESTIÓN

Se realizó una búsqueda bibliográfica a través de una variedad de fuentes, incluyendo buscadores virtuales como SCIELO, PubMed, MDPI (Instituto de Publicaciones Digitales Multidisciplinarias) y Google Académico, con el objetivo de conocer otros estudios e investigaciones previas que hayan utilizado el sensor de movimiento de manos (Leap Motion Controller) en la rehabilitación física, concretamente del miembro superior.

Se encontraron múltiples estudios realizados en los últimos años en el área de rehabilitación física de miembros superiores, tanto neurológica como traumatológica. En estos últimos nos centramos principalmente:

En 2019, Ya-Ting Wu, *et al.* llevaron a cabo una investigación en el Hospital Mackay Memorial, en Taiwán, en la que implementaron el dispositivo Leap Motion en la rehabilitación de pacientes con quemaduras de mano. La muestra de 16 pacientes se dividió en dos grupos: el grupo Leap Motion Controller (LMC) y el grupo control. El grupo experimental utilizó videojuegos durante 20 minutos, luego de 40 minutos de terapia ocupacional convencional; mientras que el grupo control realizó 60 minutos de TO convencional. Ambos grupos recibieron intervenciones dos días a la semana durante cuatro meses. Los resultados obtenidos revelaron que la implementación del LMC logró aumentar el rango de movimiento y la fuerza de prensión, y disminuir el grosor de cicatrices, evidenciando su potencial en rehabilitación traumatológica de quemaduras.

En 2021, Caballero y Aranda Garrido presentaron una tesis de grado de Terapia Ocupacional, llevada a cabo en el consultorio “Rehabilitación de Miembro Superior y Mano” de la ciudad de Córdoba, Argentina. La investigación se basó en el diseño e implementación de una aplicación de realidad virtual no inmersiva utilizando el dispositivo Leap Motion, con el objetivo de complementar la rehabilitación del rango de movimiento articular activo (RAM) de muñeca en pacientes con secuelas de accidentes laborales. La aplicación incluye cuatro juegos y fue utilizada por seis pacientes derivados de ART a lo largo de diez sesiones, realizando evaluación pre y post aplicación. Los resultados demostraron mejoras funcionales en el RAM de muñeca, buena aceptación del dispositivo y una experiencia positiva por parte de los pacientes, destacándose el carácter motivador y lúdico de la propuesta. El estudio valida el potencial del Leap Motion como herramienta tecnológica complementaria en procesos de rehabilitación física traumatológica.

En 2022, Sakshi y Waqar llevaron adelante una investigación en la India, en la que utilizaron el Leap Motion como recurso de intervención lúdico para mejorar la destreza manual luego de una fractura radio-distal. La muestra se constituyó de un grupo experimental y un grupo control, cada uno

de ellos conformado por 20 participantes. El grupo experimental recibió terapia convencional sumada a terapia con Leap Motion durante seis semanas. Por otro lado, el grupo control sólo recibió terapia convencional, también durante seis semanas. Según los resultados publicados, los pacientes que realizaron ejercicios con el dispositivo Leap Motion mostraron mejoras significativas en la funcionalidad de la mano respecto al grupo control. Además, los autores destacan la adherencia al tratamiento y la motivación brindada por la retroalimentación visual 3D.

Por último, en Turquía en el año 2024, Arman, *et al.*, llevaron a cabo una investigación acerca de los efectos de ejercicios de deslizamiento de tendones y nervios mediados por realidad virtual (RV) mediante el uso del dispositivo Leap Motion, en el tratamiento conservador del Síndrome del Túnel Carpiano. El estudio incluyó 33 pacientes asignados aleatoriamente a tres grupos: un grupo mediado por RV, un grupo de ejercicio asistido por video, y un grupo control, que recibió un folleto para realizar los ejercicios de terapia convencional en el hogar. Para el grupo experimental con RV, la pantalla del ordenador mostraba una imagen virtual que correspondía a los movimientos de la mano de los participantes en tiempo real, y, del otro lado de la pantalla, mostraba videos instructivos para los ejercicios de deslizamiento. En contraste, los participantes del grupo de ejercicio asistido por video, realizaron los mismos ejercicios de deslizamiento pero frente al dispositivo LMC apagado. Ambos grupos de intervención realizaron ejercicios dos veces por semana durante ocho semanas. Como conclusión, los autores indican que los ejercicios mediados por RV fueron más efectivos para aliviar los síntomas nocturnos y mejorar el tiempo de percepción de la vibración que los ejercicios asistidos por video y los ejercicios tradicionales en casa.

Por otro lado, en cuanto al área de rehabilitación neurológica, se han encontrado diversas investigaciones a partir del año 2017 hasta el 2024, en España, China y Suiza, que implementan juegos de ordenador controlados mediante el Leap Motion. Dichos estudios se dirigen a mejorar el funcionamiento de la mano y el miembro superior por secuelas de ACV, lesiones medulares cervicales y Parkinson. En todos ellos refieren haber obtenido un impacto positivo en la recuperación de la funcionalidad del miembro superior y la destreza manipulativa. Además, destacan los altos niveles de motivación, adherencia al tratamiento y participación que el uso del dispositivo Leap Motion generó en los participantes (Wang *et al*, 2017. Alvarez, 2018. De los Reyes Guzman *et al*, 2018. Fernandez-Gonzalez *et al*, 2019. Lotze *et al*, 2019. Lahude *et al*, 2023. Aguilera-Rubio *et al*, 2024).

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 1: MANO

1.1 ANATOMÍA DE LA MANO

Como explica Kapandji (2012), desde el punto de vista fisiológico, la mano representa la extremidad efectora del miembro superior, que constituye su soporte logístico y le permite adoptar la posición más favorable para una acción determinada.

La exquisita anatomía y biomecánica de la mano hace que se pueda considerar como un órgano multifuncional cumpliendo un doble papel: sensorial y efector. Como órgano sensorial proporciona las nociones de espesor, relieve y profundidad y las nociones del tacto, temperatura y peso de los objetos. Como órgano efector a través de la prensión cumple las funciones de: alimentación, higiene, expresión y trabajo. La anatomía de la mano, tanto el esqueleto como las articulaciones y músculos, será descrita según Latarjet en su libro "Anatomía humana" (2004).

Esqueleto de la mano (fig. 1).

El esqueleto de la mano está formado por 27 huesos repartidos en tres grupos: el carpo, el metacarpo y los dedos. Los huesos del carpo son 8 y están dispuestos en dos filas transversales: la fila superior proximal comprende, de lateral a medial: escafoides, semilunar, piramidal y pisiforme; y la fila inferior distal comprende, en el mismo sentido lateromedial: trapecio, trapezoide, grande y ganchoso. Todos estos huesos son de forma cuboidea con seis caras, y se articulan entre sí, unos con los otros de una misma fila, y de una fila con la otra.

Los huesos metacarpianos son 5, conforman el esqueleto de la palma y del dorso de la mano, y constituyen de base a cada uno de los 5 dedos. Se los denomina: primero, segundo, tercero, cuarto y quinto metacarpianos, partiendo del pulgar hacia el 5° dedo. Son huesos largos, con una diáfisis y dos epífisis. La extremidad superior o proximal, denominada base, se articula con los huesos de la 2° fila del carpo y con los metacarpianos vecinos. La extremidad inferior o distal, denominada cabeza, articula con la falange proximal del dedo correspondiente.

Los huesos de los dedos, denominados falanges, son 14, tres por cada dedo, a excepción del pulgar que posee dos, y se denominan: primera o proximal, segunda o media, y tercera o distal. Al igual que los metacarpianos son huesos largos, con una diáfisis y dos epífisis. La extremidad superior o proximal se articula con el metacarpiano correspondiente (o con la falange proximal), mientras que la extremidad distal articula con la falange siguiente (a excepción de la tercera falange).

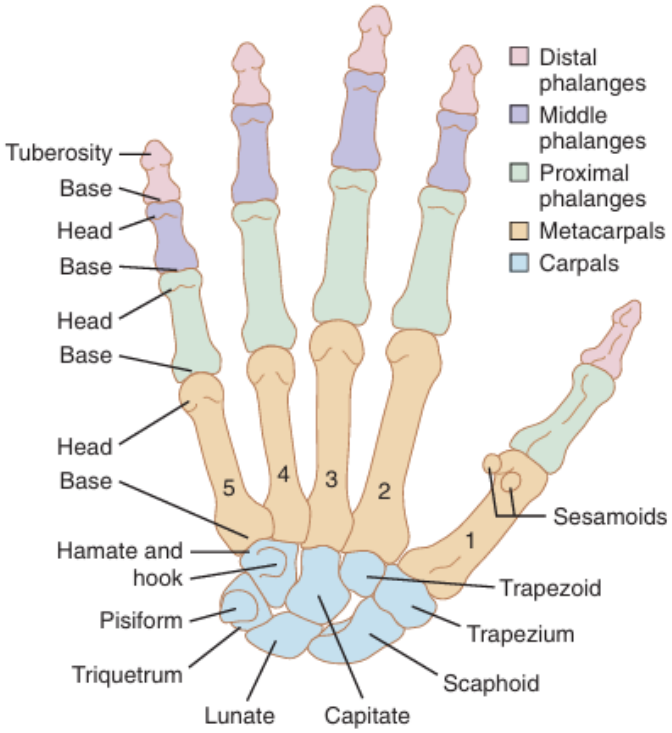


Fig. 1 Huesos de la muñeca y mano derecha, vista palmar. (Hunter, 2011).

Articulaciones de la mano

Dentro de las articulaciones de la mano encontramos: articulaciones de los huesos del carpo, articulaciones carpometacarpianas, articulaciones intermetacarpianas, articulaciones metacarpofalángicas y articulaciones interfalángicas.

Se distinguen dos tipos de articulaciones entre los huesos del carpo: articulaciones de los huesos del carpo entre sí, y articulaciones entre la primera y la segunda fila. El primer grupo está conformado por articulaciones diartrodias, y cada hueso articula con su lateral. Las numerosas articulaciones en contacto son, en sentido transversal, bastante planas y oblicuas, de manera de dar al macizo carpiano articulado una forma cóncava hacia adelante. Todos estos huesos están unidos por cápsulas propias, reforzadas por ligamentos palmares, dorsales e interóseos, a excepción de la articulación del piramidal con el pisiforme, que presenta ligamentos: superior, palmar, dorsal y dos inferiores.

Por otro lado, la articulación mediocarpiana es una articulación sinovial de tipo bicondílea. Une los huesos de la primera fila, excepto el pisiforme, a los de la segunda fila del carpo. En este caso, la cavidad glenoidea está constituida por la superficie inferior del escafoides, el semilunar, y el

piramidal, mientras que el cóndilo está formado por la cara superior del trapezoide, el hueso grande, y el ganchoso. La articulación del escafoides con el trapecio corresponde al conjunto de la "columna del pulgar". Ambas filas están unidas por ligamentos palmares y dorsales.

Las articulaciones carpometacarpianas, aquellas que unen la última fila del carpo a la base de los metacarpianos, se diferencian entre la articulación del 1° dedo (pulgar), que es muy móvil, y las de los otros metacarpianos, que no lo son o lo son muy pocos. La articulación correspondiente al primer dedo se la denomina trapeciometacarpiana, debido a que está conformada por la carilla articular inferior del trapecio y la superficie superior de la base del 1er metacarpiano. Pertenece al género de las articulaciones en "silla de montar", donde el 1er metacarpiano está inversamente configurado y se moldea sobre la superficie del trapecio. Por su parte, del segundo al quinto dedo las articulaciones carpometacarpianas son sinoviales de tipo artrodias, que permiten movimientos de deslizamiento. El 2° MTC se articula con el trapecio, el trapezoide y el ganchoso; el 3° MTC se articula con el hueso grande; el 4° MTC se articula con el hueso grande y el ganchoso; y el 5° MTC se articula con el hueso ganchoso. Los medios de unión incluyen las cápsulas y los ligamentos palmares, dorsales e interóseo.

Las articulaciones intermetacarpianas unen, a nivel de la base, cada metacarpiano con su adyacente, a excepción del 1° MTC que queda libre. Las superficies articulares están orientadas algo oblicuas de manera de dar al conjunto metacarpiano una disposición cóncava adelante. Además, están muy sólidamente unidas por ligamentos interóseos muy cortos, ligamentos palmares y dorsales. Por otro lado, las extremidades distales de los metacarpianos no están articuladas unas con otras, pero están unidas por el ligamento transverso, a nivel palmar. Además, las diáfisis metacarpianas están unidas por los músculos interóseos dorsales.

Las articulaciones metacarpofalángicas son sinoviales de tipo condíleo, y unen la extremidad distal de cada MTC a la parte proximal de la 1° falange de cada uno de los cinco dedos. Del lado metacarpiano, la cabeza redondeada conforma el cóndilo, mientras que del lado de la falange se observa una cavidad glenoidea. Los medios de unión incluyen la cápsula articular, los ligamentos laterales, medial y lateral y el ligamento transverso profundo, que une la cara palmar de las articulaciones, excepto la del pulgar.

Por último, las articulaciones interfalángicas son tipo troclear, y unen la base y la cabeza de dos falanges sucesivas. Las extremidades inferiores de la 1° y 2° falange presentan una polea, mientras que las extremidades superiores de la 2° y 3° falange presentan un relieve correspondiente a la garganta de la polea. Los medios de unión incluyen la cápsula articular y los ligamentos laterales.

Músculos de la mano

Los músculos de la mano incluyen dos grupos: extrínsecos e intrínsecos. Los músculos extrínsecos son aquellos cuya inserción proximal y vientre muscular se encuentran en el antebrazo, y sus tendones atraviesan para insertarse finalmente en huesos de la mano y dar movilidad a los dedos. En total son 9, e incluyen: flexor común superficial de los dedos, flexor profundo de los dedos, flexor largo propio del pulgar, extensor común de los dedos, extensor propio del 5° dedo, abductor largo del pulgar, extensor corto del pulgar, extensor largo del pulgar y extensor propio del índice.

Los músculos intrínsecos de la mano, aquellos cuya inserción proximal y distal se encuentran en la mano, son 19 en total, repartidos en: músculos de la eminencia tenar: abductor corto, oponente, flexor corto y aductor del pulgar; músculos de la eminencia hipotenar: palmar cutáneo, aductor, flexor corto y oponente del 5° dedo; y músculos de la parte media: interóseos palmares y dorsales, y lumbricales.

1.2 BIOMECÁNICA DE LA MANO

El capítulo dedicado a la mano en "*Fisiología articular. Esquemas comentados de mecánica humana"* (Kapandji, 2012), aborda en detalle la biomecánica de este segmento. La mano se presenta como una estructura de altísima especialización anatómica y funcional. Los movimientos de la mano y los dedos descritos incluyen: ahuecamiento palmar, flexo-extensión e inclinación lateral metacarpofalángica, flexo-extensión interfalángica y oposición del pulgar.

Ahuecamiento palmar

La estructura ósea incluye el macizo carpiano, que aporta estabilidad y forma una concavidad palmar. Este ahuecamiento es dinámico y permite el ajuste de la palma al objeto que sostiene. Se debe principalmente a movimientos de flexo-extensión de escasa amplitud de los cuatro últimos metacarpianos en relación al carpo. Dicha amplitud va en aumento desde el segundo al quinto metacarpiano, de manera que: cuando la mano está plana las cabezas de los cuatro últimos metacarpianos están alineadas en una misma recta; y cuando la mano se ahueca, la cabeza de los tres últimos metacarpianos "avanza" en flexión, tanto más cuanto más se aproxima al quinto metacarpiano. Durante este movimiento, la concavidad del conducto carpiano "aumenta" ligeramente.

Los agonistas de estos movimientos son los músculos tenares y los hipotenares (musculatura intrínseca de la mano), cuyas inserciones superiores y proximales tensan el ligamento anular anterior del carpo, de modo que los dos bordes se aproximan.

Biomecánica de las metacarpofalángicas

Las articulaciones metacarpofalángicas son de tipo condíleas. Poseen dos grados de libertad de movimiento: flexo-extensión e inclinación lateral (respecto del dedo medio).

En el primer caso, el movimiento ocurre en el plano sagital, en torno al eje transversal. La amplitud de la flexión es próxima a los 90°, pero es necesario recalcar que si el dedo índice alcanza justo los 90°, la amplitud articular va aumentando hasta el quinto dedo. Además, la flexión aislada de un dedo está limitada por la tensión del ligamento interdigital palmar. Los músculos motores de este movimiento son: flexor superficial y profundo de los dedos (extrínsecos), lumbricales, interóseos palmares y dorsales, y flexor propio del meñique (intrínsecos).

Por otro lado, la extensión de los dedos es ejecutada gracias a la acción de los músculos: extensor común de los dedos, extensor propio del dedo índice y extensor propio del dedo meñique. La amplitud de la extensión activa puede alcanzar de 30 a 40°, pero no es funcional. La amplitud pasiva puede ser de hasta 90° en sujetos con mucha laxitud articular.

En el caso de la inclinación lateral (abducción-aducción), esta se produce en el plano frontal, en torno al eje anteroposterior. Los músculos interóseos son los agonistas de estos movimientos. Los interóseos palmares son aductores mientras que los interóseos dorsales se encargan de la abducción. Estos movimientos tienen una amplitud de 20 a 30° a cada lado cuando los dedos están en extensión. Por el contrario, los movimientos de lateralidad son muy escasos cuando los dedos están en flexión. Esto se debe a la acción de los ligamentos colaterales, a cada lado de la articulación metacarpofalángica. Dichos ligamentos están distendidos durante la extensión y tensos en la flexión, garantizando la estabilidad de la articulación en flexión. Además, los ligamentos laterales de la articulación metacarpofalángica se integran en un aparato fibroso más complejo que suspende y "centra" los tendones extensores y flexores.

Cuando los dedos se separan voluntariamente, el eje de cada uno de ellos converge con la base de la eminencia tenar, en un punto que corresponde aproximadamente al tubérculo del escafoides. Cuando se cierra el puño con las articulaciones interfalángicas distales extendidas, los ejes de las dos últimas falanges de los cuatro últimos dedos y el eje del pulgar, exceptuando su última falange, convergen en un punto situado en la parte inferior del conducto del pulso. El eje longitudinal es el del dedo índice, mientras que los ejes de los tres últimos dedos son tanto más oblicuos cuanto más se alejan del índice.

Biomecánica de las interfalángicas

Las articulaciones interfalángicas son de tipo troclear y poseen un grado de libertad de movimiento: la flexoextensión. Durante la flexión, los ligamentos laterales se "tensan" aún más que en el caso de las articulaciones metacarpofalángicas. Por lo tanto, los movimientos de lateralidad no existen cuando hay flexión. También están tensos en máxima extensión, que representa una posición de "estabilidad" lateral absoluta.

La flexión de los dedos se produce gracias al flexor superficial y profundo de los dedos, músculos extrínsecos de la mano. El flexor superficial flexiona la primera y segunda falange, mientras que el flexor profundo se encarga de flexionar la tercera. La extensión de los dedos es producida por el extensor común de los dedos, el extensor propio del índice y el extensor propio del meñique, también correspondientes a la musculatura extrínseca de la mano.

La amplitud de la flexión en las articulaciones interfalángicas proximales sobrepasa los 90°. Como en el caso de las articulaciones metacarpofalángicas, esta amplitud de flexión aumenta progresivamente del segundo al quinto dedo, para alcanzar los 135° en el dedo meñique. La amplitud de la flexión en las articulaciones interfalángicas distales es ligeramente inferior a 90°. Como en el caso anterior, está amplitud aumenta del segundo al quinto dedo, para alcanzar los 90° en el dedo meñique. La amplitud de la extensión activa en estas articulaciones es inexistente.

Biomecánica del pulgar

El pulgar ocupa una posición y desempeña una función esencial en la mano, puesto que es indispensable para realizar las pinzas pulgodigitales con cada uno de los restantes dedos, y en particular con el dedo índice, así como también para la constitución de una presa de fuerza con los otros cuatro dedos. Sin el pulgar, la mano pierde la mayor parte de sus posibilidades.

La mencionada pinza pulgodigital se da gracias al movimiento de oposición del pulgar. En este, el pulgar acude al encuentro de otro dedo, siendo el índice con mayor frecuencia. Esta acción es la suma de tres componentes elementales: 1) La antepulsión del primer metacarpiano y, de forma accesoria, de la primera falange; 2) La aducción del primer metacarpiano y la inclinación lateral de la primera falange sobre el metacarpiano hacia su borde radial; estas acciones son más acusadas cuanto la oposición se efectúa con un dedo más interno, siendo máximas en la oposición pulgar-dedo meñique; y 3) La rotación longitudinal del metacarpiano y de la primera falange en sentido de la pronación.

Los dos primeros componentes están bajo dependencia de la acción combinada del músculo abductor largo del pulgar y de los músculos del grupo tenar externo. La rotación en pronación constituye la característica más distintiva y se debe a la anatomía particular de la articulación trapeciometacarpiana; que como se mencionó anteriormente es de tipo "silla de montar" entre el trapecio y la base del primer metacarpiano. Su configuración permite flexión-extensión, abducción-aducción y un grado de rotación axial, lo que posibilita la oposición. Los ligamentos trapeziometacarpianos estabilizan el movimiento y evitan luxaciones, mientras que la geometría de las superficies articulares garantiza la congruencia.

La articulación metacarpofalángica del pulgar, menos móvil que las de los otros dedos, contribuye con flexión y extensión, además de un componente de inclinación lateral. La articulación interfalángica, de tipo troclear, permite principalmente flexión y extensión, complementando la movilidad global del pulgar.

La movilidad del pulgar depende de la acción combinada de músculos extrínsecos (flexor largo, extensor largo y corto, abductor largo) y músculos intrínsecos (tenares: abductor corto, flexor corto, oponente y aductor del pulgar). Entre ellos, el oponente del pulgar es clave en el movimiento de oposición, al combinar anteposición, aducción y rotación axial.

1.3 FRACTURAS DE LA MANO

Una fractura puede definirse como la ruptura del tejido óseo causada por el aumento de la distribución interna de fuerzas o cargas que un cuerpo sólido puede soportar (Carlos A. N. Firpo, 2010). Las fracturas en la mano son una de las lesiones ortopédicas más comunes, afectando en gran medida la funcionalidad de la mano del paciente, y su calidad de vida en general. Hombres jóvenes y mujeres en edad avanzada son las poblaciones más afectadas. En personas jóvenes las lesiones se asocian normalmente a actividades deportivas, en adultos en edad laboral se asocian principalmente al trabajo manual, mientras que en adultos mayores suelen asociarse a caídas (Quesada Angulo, 2025).

Con una adecuada recopilación de historial, diagnóstico, examen físico y estudios de imagen apropiados, se puede establecer el tipo de fractura y el plan de tratamiento asociado. La mayoría de las fracturas estables tienden a ser tratadas de manera conservadora mediante inmovilización. Por el contrario, las fracturas inestables, desplazadas o intraarticulares exigen un tratamiento quirúrgico, utilizando diferentes métodos de fijación que se detallarán más adelante (Quesada Angulo, 2025).

Considerando la complejidad funcional y anatómica de la mano, se requiere un enfoque terapéutico que equilibre la curación ósea y la preservación del movimiento junto con un gran rango

de movimiento articular y destreza funcional. El éxito terapéutico depende en gran medida de una rehabilitación adecuada, que debe ser progresiva y estructurada, enfocada en restaurar la amplitud de movimiento, fuerza muscular y habilidades funcionales (Quesada Angulo, 2025).

Las complicaciones, aunque relativamente infrecuentes si se llevan a cabo las intervenciones adecuadas y a tiempo, pueden incluir pseudoartrosis e infecciones, y requieren intervenciones específicas. El pronóstico general es favorable si el manejo es oportuno y el paciente mantiene adherencia a la rehabilitación (Quesada Angulo, 2025).

En la presente investigación, se abordarán más específicamente las fracturas de metacarpiano/s y falange/es. Estas, junto con las luxaciones, son de las lesiones más frecuentes atendidas en los Servicios de Urgencias, encontrándose entre el 14% y el 28% de todas las lesiones. En una población estable de 215.000 personas, se producen 1.300 fracturas de la mano al año (representando el 17,5% de todas las fracturas del cuerpo). Las fracturas de las falanges representan el 46% de las fracturas de la mano (Rockwood, 2010).

FRACTURAS DE METACARPIANO/S

Las fracturas de los metacarpianos afectan a la cabeza, cuello, diáfisis o base de los mismos, y pueden ser intraarticulares (cabeza o base) o extraarticulares. A su vez, se clasifican en estables o inestables. Las fracturas estables están impactadas con un pequeño o ningún grado de desplazamiento, y suelen ser fracturas aisladas de la diáfisis del metacarpiano. Las fracturas inestables son a menudo conminutas, desplazadas, oblicuas o espiroideas, y frecuentemente múltiples (Hoppenfeld & Murthy, 2004).

La mayoría de las fracturas de los metacarpianos se deben a un traumatismo directo sobre la mano. Las fracturas del cuello por lo general se deben a traumas directos con el puño cerrado (“fractura del boxeador”). Las fracturas de la diáfisis o de la base son por aplastamiento, y las espiroideas de la diáfisis ocurren por giros forzados con el dedo en flexión. Las fracturas del cuarto y quinto metacarpiano son las más frecuentes, por la exposición que estos huesos tienen a los traumatismos (Cosentino, 2001).

Métodos de tratamiento

Hoppenfeld & Murthy (2004) mencionan en su libro: “*Fracturas. Tratamiento y rehabilitación*”, distintos métodos de tratamiento para las fracturas de metacarpiano, entre los que se incluyen: la inmovilización con férula, reducción cerrada y clavijas percutáneas o reducción abierta y fijación interna, dependiendo del tipo y localización de la fractura.

Inmovilización con férula / yeso

Suele ser el tratamiento de elección en las fracturas estables, más frecuentemente fracturas metacarpianas de diáfisis y de cuello. La inmovilización, ya sea de yeso o de termoplástico, debe realizarse en posición "intrínseco plus": carpo en extensión de 30°, flexión de articulación metacarpofalángica entre 70-90° y extensión a 0° de articulaciones interfalángicas. Esta posición flexionada de la articulación metacarpofalángica proximal produce relajación de los músculos interóseos, minimizando así las fuerzas de deformación en el lugar de la fractura. La extensión de cero grados en la articulación interfalángica proximal y la articulación interfalángica distal son las posiciones en las que los ligamentos de las articulaciones correspondientes alcanzan su longitud máxima, minimizando así las posibilidades de limitación del rango de movimiento de estas articulaciones.

Reducción cerrada y clavijas percutáneas

Suele ser el tratamiento de elección para las fracturas inestables del cuello o de la diáfisis del metacarpiano, y la mayoría de las fracturas intraarticulares de la base del primer y quinto metacarpianos. Existen diferentes métodos para la utilización de clavijas, incluidas la fijación intramedular, transfijación al metacarpo contiguo, y las clavijas cruzadas de Kirschner. Estas se suelen mantener durante 3 a 4 semanas, a la vez que el metacarpiano lesionado se inmoviliza con yeso o férula.

Reducción abierta y fijación interna

Suele ser el tratamiento de elección para las fracturas de la diáfisis del metacarpiano y fracturas intraarticulares en las cuales la reducción no puede mantenerse por métodos cerrados, así como también para las fracturas con conminución. Estas fracturas pueden fijarse con tornillos y placas. El metacarpiano lesionado se inmoviliza mediante yeso o férula durante 3 o 4 semanas.

Específicamente, las fracturas de la cabeza de los metacarpianos suelen no requerir tratamiento quirúrgico. La complicación más frecuente de estas fracturas es la rigidez, que puede deberse a adherencias de los tendones extensores, a contracturas del ligamento colateral o de la parte dorsal de la cápsula o a incongruencia articular. En cambio, las fracturas de las bases suelen presentar desplazamiento importante, a veces enmascarado por el edema, lo que puede provocar un desequilibrio muscular que lleve a la articulación MCF a la hiperextensión. Cuando esto ocurre se debe reducir, generalmente mediante clavijas. En relación a las fracturas diafisarias, cuando son estables suelen tratarse con inmovilización, y cuando son inestables requieren reducción quirúrgica y contención con placas y tornillos de minifragmentos. Una reducción incorrecta de las mismas, donde los ejes laterales, longitudinales, y de rotación del metacarpiano no sean respetados, dejará como

secuela el entrecruzamiento de los dedos durante la flexión; repercutiendo tanto en los movimientos de cierre de puño, toma de objetos, y destrezas manipulativas.

El tipo de fractura más difícil de tratar es la conminuta intraarticular, que suele asociarse a lesiones de los tejidos blandos y a compactación metafisaria o pérdida de hueso. También, las fracturas múltiples de metacarpianos presentan retos difíciles para las técnicas de reducción y fijación. Diferentes autores han demostrado una alineación efectiva de estas fracturas problemáticas manteniendo la máxima flexión de las articulaciones MCF y fomentando el movimiento precoz de los dedos en esta posición (Rockwood, 2010).

Entre las posibles complicaciones dentro del tratamiento de las fracturas de metacarpianos se incluyen: una consolidación defectuosa, angulación dorsal, deformidad rotacional, consolidaciones defectuosas intraarticulares, osteomielitis y pseudoartrosis (Green, 2005).

FRACTURAS DE FALANGE/ES

Las fracturas de las falanges incluyen las fracturas que afectan a las falanges proximales, medias y distales, y se clasifican como estables o inestables, y extraarticulares o intraarticulares.

Las fracturas articulares afectan a la base o a los cóndilos de las falanges y se subdividen en los siguientes tipos: fracturas por avulsión que se acompañan del ligamento colateral, fracturas diafisarias que se extienden hasta la articulación, y fracturas secundarias a fuerzas de compresión. Las fracturas extraarticulares son diafisarias o afectan al cuello de la falange. Las fracturas estables son aquellas impactadas con poco o ningún desplazamiento, y suelen ser fracturas transversas aisladas. Las fracturas inestables suelen ser conminutas, desplazadas, oblicuas o espiroideas. Las fracturas múltiples en un mismo dedo también conllevan inestabilidad. La mayoría se deben a traumatismos directos sobre la mano (Hoppenfeld & Murthy, 2004).

Métodos de tratamiento

El tratamiento de las fracturas de falange/es incluye: inmovilización con férula o sindactilia, reducción cerrada y clavijas percutáneas o reducción abierta y fijación interna, dependiendo del tipo y localización de la fractura (Hoppenfeld & Murthy, 2004).

Sindactilia

Suele ser el tratamiento de elección para las fracturas estables, incluyendo fracturas no desplazadas e impactadas, así como fracturas del penacho de la falange distal. Este método de tratamiento consiste en la solidarización del dedo lesionado a un dedo adyacente sano. Esto permite

evaluar la alineación rotacional de los dedos y corregir cualquier encabalgamiento de rotación patológica mediante la flexión y extensión activas de las articulaciones del dedo (Rockwood, 2010). Una desventaja posible es el desarrollo de rigidez en el dedo previamente sano.

Reducción cerrada e inmovilización con yeso o entablillado

Suele ser el tratamiento de elección para fracturas transversas desplazadas que son estables tras la manipulación cerrada, así como para luxo-fracturas dorsales estables de la articulación interfalángica proximal. Si la falange proximal está afectada, se coloca un yeso o una férula con la muñeca en 30° de extensión, las MCF de 60 a 90° de flexión y las interfalángicas entre 5 y 10° de flexión. Las fracturas-luxación dorsales normalmente requieren una férula dorsal que limite la extensión tras la reducción cerrada.

Reducción cerrada y clavijas percutáneas

Suele ser el tratamiento de elección de las fracturas transversas desplazadas que son inestables tras la reducción cerrada, para fracturas conminutas, fracturas condíleas y para fracturas oblicuas o espirales.

Reducción abierta y fijación interna

Este tratamiento puede utilizarse para fracturas articulares conminutas o fracturas oblicuas o espiroideas muy inestables. Sin embargo, debido a la falta de un tejido subcutáneo adecuado, este método no está exento de problemas de cicatrización, por lo que habitualmente no se recomienda. La fijación interna puede incluir tornillos, clavijas, mini-placas, entre otras.

Entre los problemas de fractura más difíciles se encuentran los que implican las falanges proximales, la llamada fractura "tierra de nadie". Para alinear esta fractura, se estabiliza la articulación MCF en flexión máxima. Es esta articulación la que es capaz de moverse en múltiples direcciones, como rotación, abducción, aducción, flexión y extensión. Sin embargo, como la articulación MCF está flexionada al máximo los movimientos rotacionales y de abducción y aducción quedan eliminados. Además, el efecto de los extensores extrínsecos de la articulación MCF se reduce mediante la dorsiflexión de la muñeca a 45 grados (Rockwood, 2010).

Entre las posibles complicaciones dentro del tratamiento de las fracturas de falange se incluyen: defectos de unión, deformidad rotacional, angulación volar, angulación lateral, acortamiento, defecto de unión intraarticular, pseudoartrosis, pérdida de movimientos e insuficiencia del aparato extensor de la articulación interfalángica proximal (Green, 2005).

1.4 TRATAMIENTO DE REHABILITACIÓN DESDE T.O

Como describen Hoppenfeld & Murthy (2004), los objetivos generales de la rehabilitación de las fracturas de metacarpianos y/o falanges incluyen: restaurar la amplitud de movimientos articulares, la fuerza muscular, y las funciones de garra y pinza. Desde Terapia Ocupacional se busca alcanzar estos objetivos a partir de actividades con propósito, las cuales buscan que la persona realice de forma exitosa sus actividades de la vida diaria, y así favorecer su desempeño ocupacional. Estos ejercicios terapéuticos se realizan dependiendo del periodo de recuperación en el que se encuentre la persona.

El paciente con fractura de metacarpiano y/o falange suele iniciar la rehabilitación de Terapia Ocupacional entre 4 a 6 semanas posteriores al evento traumático que la provoca o a la reparación quirúrgica de la misma, en caso que la hubiera. En este tiempo se espera observar el puente calloso, siendo la fractura habitualmente estable. La progresión del tratamiento debe modificarse si la fractura es inestable, si la reparación quirúrgica es frágil, o si hay complicaciones vinculadas.

En la primera fase inflamatoria, los objetivos terapéuticos apuntan a mantener una movilidad activa en los dedos y articulaciones adyacentes no inmovilizadas, con el fin de evitar la rigidez y la inflamación, mantener la alineación, disminuir el dolor y el edema (Valdes Kristine, 2020).

Amplitud de movimiento

Para la movilidad activa de los dedos y la muñeca se emplean distintos ejercicios terapéuticos con objetos funcionales, los cuales permiten a la persona realizar los movimientos correspondientes a cada segmento. Entre estos objetos, comúnmente se incluyen: conos, pelotas, cuñas, bastones, bolitas, tuercas, entre otros. Además, pueden realizarse movilizaciones pasivas de los segmentos afectados, a fin de completar el rango de movimiento de dicha articulación.

La movilización precoz, ya sea pasiva o activa, es crucial para evitar complicaciones como la rigidez articular, que constituye la principal secuela discapacitante (Quesada Angulo, 2025).

Dolor y edema

La presencia tanto de dolor como de edema pueden ser incapacitantes para la persona, y debe abordarse en el plan de tratamiento como una prioridad. Se debe prestar especial atención a su monitorización a medida que el terapeuta avanza en el plan de tratamiento, teniendo en cuenta no exacerbar estos síntomas (Valdes Kristine, 2020). Como estrategias para disminuir el dolor se pueden utilizar agentes térmicos como parafina o crioterapia, como así también antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) indicados por el médico tratante, y tratamiento complementario con fisiokinesioterapia. Si persiste el edema se utilizan distintas técnicas como vendajes compresivos

(venda coban, vendaje multicapa), elevación del miembro, MEM (Manejo Manual del Edema) y tape neuromuscular.

Se pueden utilizar modalidades de agentes térmicos antes y después de la sesión de tratamiento. Los packs de calor o la parafina se pueden utilizar como precursores para ayudar a relajar o pre-acondicionar los tejidos antes del ejercicio. Las modalidades de frío, como hielo o compresas frías, a menudo brindan alivio a los pacientes después de una actividad extenuante para aliviar el dolor o las molestias debidas a la inflamación (Valdes Kristine, 2020).

Fuerza muscular

En una etapa más avanzada del tratamiento, progresivamente se agregan ejercicios terapéuticos para recuperar la fuerza muscular, tanto de los músculos extrínsecos como de los intrínsecos de la mano, incorporando elementos que otorgan resistencia, como: bandas elásticas, pesas, pelotas o esponjas con distintas densidades/resistencias, digiflex, resortes, ejercitadores tipo H, entre otros. Se anima al paciente a que reanude la actividad bimanual, empleando la extremidad afectada en sus actividades de la vida diaria.

La educación continua y la comunicación con el paciente durante todo el proceso tienden a aumentar la adherencia al tratamiento y disminuir las posibles complicaciones que podrían ocurrir durante el proceso de rehabilitación. Brindar información sobre el diagnóstico, el tratamiento, la modificación de la actividad y el pronóstico es un hecho que debe comenzar en la primera sesión de Terapia Ocupacional y continuar hasta el alta. Además, resulta de gran valor para la rehabilitación indicar a la persona ejercicios para realizar en el hogar, así como cambios o adaptaciones en la manera que realiza sus actividades diarias, si fuera necesario (Valdes Kristine, 2020).

No se conocen estudios que reporten evidencia concluyente para la frecuencia y duración del tratamiento en lesiones o diagnósticos específicos de las extremidades superiores. Estos deben juzgarse según la ubicación y el tipo de lesión o cirugía, inflamación, traumatismo de los tejidos blandos, estabilidad de la fractura y excursión del tendón, así como características personales y variables en cada persona (Valdes Kristine, 2020).

CAPÍTULO 2: DESTREZAS MANIPULATIVAS

2.1 DESTREZAS MANIPULATIVAS

Las destrezas manipulativas son definidas como "la sucesión de movimientos finos voluntarios utilizados para manipular objetos pequeños durante una tarea específica. La destreza manual requiere de coordinación rápida de los movimientos voluntarios finos y gruesos, basados en cierto número o cantidad de capacidades, las cuales se desarrollan a través del aprendizaje, el entrenamiento y la experiencia" (Arias LA, Camacho MI, 2014. Citado en Pagani 2024). Dependen de la integridad anatomo-fisiológica en las estructuras de control central y periférico, en combinación con otras cualidades como el aprendizaje, el entrenamiento y la experiencia.

Las destrezas de la motricidad fina se desarrollan a través del tiempo, del conocimiento y requieren inteligencia normal (de manera tal que se pueda planear y ejecutar una tarea), fuerza muscular, coordinación y sensibilidad normal (Alos y Gómez, 2010). Además, incluye otras capacidades como: (Cunietti, 2024)

- Propiocepción: información que recibimos sobre la posición del cuerpo en el espacio, y con respecto a los objetos.
- Presión y prensión: permiten tomar un instrumento para manejarlo. Es necesario dominar la fuerza para graduar la presión que se ejerce sobre él.
- Tono muscular: es necesario mantener un tono muscular adecuado. La hipertonía da lugar a unas manos tensas, obligando a realizar movimientos rígidos y distorsionados.
- Destrezas intramano: movimientos coordinados en una sección, con fines particulares.
- Coordinación bimanual: implica el movimiento de ambos brazos para realizar una tarea concreta.
- Coordinación óculo-manual.
- Estereognosia: capacidad para reconocer el objeto y sus propiedades a través del tacto.

Las destrezas manipulativas son las que permiten realizar actividades motoras con eficacia e influyen en la capacidad para participar en la sociedad. Resaltar la importancia de estas habilidades en el desempeño ocupacional es esencial, ya que al preservarlas, se garantiza un desarrollo óptimo tanto de las ocupaciones, así como de la habilidad para adaptarse a diversos contextos. El mantener la destreza en el manejo y uso de las manos ayuda a preservar la funcionalidad global del miembro superior, lo que a su vez tiene un impacto positivo en la salud integral de la persona (Pagani, 2024).

Para poder optimizar las habilidades manipulativas tras una lesión, los terapeutas ocupacionales analizan los componentes afectados. Es entonces cuando pueden intervenir y recuperar la funcionalidad del miembro superior afectado.

Por otro lado, un estudio que evaluó la destreza manual a través de la prueba de Clavijas con Nueve Orificios en 628 personas sanas, reveló que esta habilidad va disminuyendo progresivamente con la edad adulta. Es decir, las personas mayores tardan más en completar la prueba que las más jóvenes, lo que indica una menor habilidad manipulativa con el envejecimiento. Esta disminución se observó tanto en el rendimiento con la mano dominante como con la no dominante. Los resultados también indicaron que las mujeres tienden a presentar un rendimiento ligeramente mejor que los hombres, completando la tarea en menor tiempo (Mathiowetz, 1985). Estos hallazgos respaldan la idea de que la destreza manipulativa no es constante a lo largo de la vida, sino que está influida por factores biológicos como la edad y el sexo.

2.2 EVALUACIÓN DE LAS DESTREZAS MANIPULATIVAS

Tanto la evaluación como el tratamiento de las destrezas manipulativas puede realizarse mediante la observación de tareas funcionales que involucren la prensión, manipulación y liberación de objetos, así como a través de pruebas estandarizadas y validadas para tal fin. La selección del instrumento apropiado dependerá de varios factores que incluyen no sólo aspectos clínicos sino también materiales, como el precio y el tiempo del que se dispone para llevar a cabo el proceso de evaluación. Entre las evaluaciones estandarizadas más utilizadas en Terapia Ocupacional se encuentran: la prueba de Clavijas con Nueve Orificios, el Test de Purdue Pegboard y el Test de Minnesota (Pagani, 2024).

Las medidas de resultados relacionadas con la destreza son importantes para detectar cambios clínicamente significativos en pacientes con diferentes alteraciones, para proporcionar datos relacionados con el desempeño laboral, y para clasificar la severidad de las lesiones y el grado de recuperación de las mismas en diferentes poblaciones (Greenhalgh *et al*., 1998. Citado en Sanchez Cabeza, 2015).

CAPÍTULO 3: DOLOR

3.1 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL DOLOR

El dolor es la causa más frecuente de consulta. Éste fue definido por la International Association for the Study of Pain en 1994 como "una experiencia desagradable, sensitiva y emocional, asociada a un daño en los tejidos real o potencial, o descrita en términos del mismo daño".

De esta definición se extraen varios aspectos importantes: por un lado, refiere al dolor como una experiencia, tanto sensorial como emocional, con lo que el dolor es siempre subjetivo y forma parte de un componente afectivo que va a interferir en el estado de ánimo del paciente. Por otro lado, plantea que hay un componente anticipatorio, ya que el daño puede ser potencial. De hecho, no es necesario que exista daño tisular, por lo que básicamente, el dolor funciona como un sistema de alarma (Cohen *et al*, 2013. Citado en Ucero, 2020). En el caso de lesiones físicas, el dolor puede ser una causa que limite tanto el movimiento como la fuerza muscular, y afecta al desempeño ocupacional de las personas que lo presentan (Sanchez Cabeza, 2015).

En cuanto a la fisiopatología, se describen los nociceptores, receptores del dolor, como terminaciones nerviosas libres que se localizan en todos los tejidos del organismo, excepto en el encéfalo. La irritación o la lesión tisular libera sustancias químicas, como prostaglandinas, cininas e iones potasio, que estimulan los nociceptores. El dolor puede persistir aún después de la desaparición del estímulo que lo causó, debido a la persistencia de los mediadores químicos del dolor (Tortora, J. 2006).

Sin embargo, como se menciona anteriormente, el concepto de dolor no solamente trata de un proceso fisiológico de estimulación de nociceptores, sino que involucra un componente afectivo importante. Esto es lo que hace al dolor un fenómeno tan complejo, personal, subjetivo e intransferible. Existen diferentes factores que pueden modificar la percepción dolorosa de la persona, tales como la edad, la función cognitiva, el estado emocional y las experiencias dolorosas previas que la persona haya transcurrido (Berardo Pedemonte, B y Gómez, F. 2023).

Según describe Puebla Díaz (2005), el dolor puede clasificarse según diversos criterios:

- Según su duración, como agudo (limitado en el tiempo, con escaso componente psicológico. Un ejemplo suele ser el dolor musculoesquelético asociado a una fractura o luego de una cirugía) o crónico (ilimitado en su duración, se acompaña de componente psicológico).
- Según la intensidad, como leve (la persona logra continuar con sus actividades habituales), moderado (el dolor interfiere con las actividades habituales y suele precisar tratamiento

farmacológico) o severo (el dolor es tan intenso que interfiere con el descanso, además de las actividades habituales. Requiere tratamiento farmacológico).

- Según su patogenia, como neuropático (producido por estímulo directo del sistema nervioso central o por lesión de vías nerviosas periféricas. Se describe como punzante, quemante, acompañado de parestesias y disestesias, hiperalgesia, hiperestesia y alodinia), nociceptivo (es el más frecuente y se divide en somático y visceral, detallado a continuación), o psicógeno (interviene el ambiente psico-social que rodea al individuo).
- Según la localización, como somático (se produce por la excitación anormal de nociceptores somáticos superficiales o profundos. Es un dolor localizado, punzante y que se irradia siguiendo trayectos nerviosos. Este suele ser el dolor observado frente a fracturas de metacarpiano y/o falange) o visceral (se produce por la excitación anormal de nociceptores viscerales. Frecuentemente se acompaña de síntomas neurovegetativos).
- Según el curso, como continuo (persistente a lo largo del día y no desaparece) o irruptivo (exacerbación transitoria del dolor. El dolor incidental es un subtipo del dolor irruptivo inducido por el movimiento o alguna acción voluntaria del paciente).

3.2 EVALUACIÓN DEL DOLOR

Teniendo en cuenta que el dolor es subjetivo y variable en cada persona, no se puede evaluar de forma completamente objetiva. Aún así, existen diversos métodos para su medición. Algunos de ellos son: la Escala numérica (la persona le asigna al dolor un valor entre 0 y 10); la Escala visual analógica (la persona marca, según su percepción, en una línea de 10 cm cuyo principio indica la ausencia de dolor y cuyo final el dolor más insoportable que haya sentido); o el Índice de Lattinen (contiene cinco sub escalas tipo Likert que puntúan de 0 a 4 los siguientes ítems: 1. Intensidad del dolor. 2. Frecuencia del dolor. 3. Consumo de analgésicos. 4. Grado de incapacidad. 5. Horas de sueño. La puntuación de los ítems oscila entre la menor importancia y la mayor gravedad o distorsión, obteniéndose una puntuación para cada dimensión y una puntuación total, configurada por la suma de las puntuaciones de cada una de las dimensiones).

Más allá de la escala o método de evaluación seleccionado, es importante indagar y conocer sobre los distintos aspectos que se ven implicados frente al dolor, y cómo éste repercute en la vida diaria de la persona y sus ocupaciones. A lo largo del proceso de evaluación se busca conocer su duración, intensidad, movimientos a los que se asocia, aparición frente a momentos del día o actividades específicas, repercusiones, entre otros aspectos.

CAPÍTULO 4: FUNCIONALIDAD DE LA MANO

4.1 FUNCIONALIDAD

En 2001, en la 54° Asamblea Mundial de la Salud, se aprobó oficialmente la Clasificación Internacional de Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud (CIF) como un marco conceptual para describir y organizar información sobre el funcionamiento y la discapacidad en relación con la salud.

La CIF se estructura alrededor de dos componentes principales. El primero se refiere al funcionamiento y la discapacidad en sí mismas, donde se incluyen aspectos tales como las funciones y estructuras corporales, las actividades y la participación. El segundo componente se refiere a factores contextuales como pueden ser factores ambientales y personales (OPS, 2025). El siguiente diagrama (fig. 2) es una representación del modelo que fundamenta la CIF:

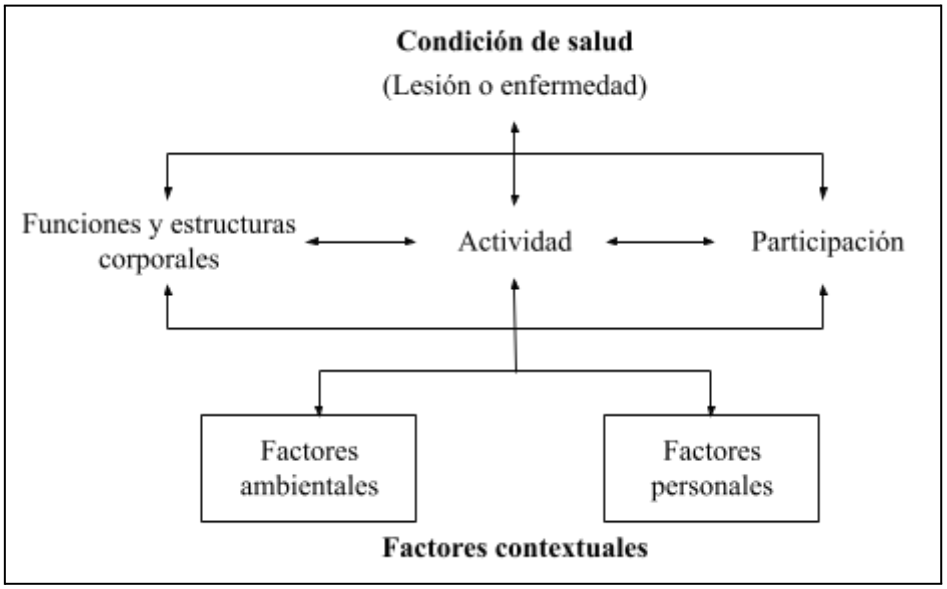


Fig. 2. Cuadro de elaboración propia. Traducción de versión original en inglés publicado por la CIF (WHO, 2002).

En términos generales, según la CIF, la funcionalidad se conceptualiza como la "interacción del conjunto de funciones corporales, las estructuras del cuerpo, las actividades y la participación del individuo en un contexto determinado. Se relaciona directamente con las capacidades de la persona para realizar una tarea o una acción, y consecuentemente está estrechamente relacionado con el nivel de independencia y autonomía del sujeto" (WHO, 2002).

En este sentido, funcionamiento es el término genérico que incluye función, actividad y participación, indicando los aspectos positivos de esa interacción. Por el contrario, discapacidad es el

término genérico que incluye deficiencias, limitaciones y restricciones, e indica los aspectos negativos de la interacción entre el individuo y sus factores contextuales.

Si nos referimos específicamente a la funcionalidad de la mano, podemos decir que su preservación depende de la indemnidad de diversas funciones músculo-esqueléticas: 1) la destreza o coordinación de los movimientos de los dedos; 2) la fuerza muscular de la mano y las pinzas; 3) el rango de movimiento de las articulaciones de la mano con mayor implicación en la realización de actividades de la vida diaria; y 4) el grado de dolor y otros aspectos sensoriales (Bear Lehmann, 1989. Citado en Perez Marmol, 2020).

Alteraciones en la funcionalidad de la mano se han relacionado con aspectos como una reducción del rango de movimiento articular, una disminución de la fuerza de prensión, dolor ante movimientos resistidos y otros factores relacionados con la participación significativa en las actividades de la vida diaria. De forma particular, el pulgar parece contribuir en un 60% en la funcionalidad general de la mano (Kjeken et al., 2005).

4.2 EVALUACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DE LA MANO

La valoración de la funcionalidad de la mano puede hacerse desde diversos métodos, entre los que incluyen los instrumentos estandarizados o la observación directa del paciente en ocupaciones o actividades básicas de la vida diaria, identificando qué puede hacer y que no, así como la calidad de la ejecución.

Dentro de las evaluaciones estandarizadas se incluyen aquellas generales, como por ejemplo, el Cuestionario de Discapacidades del Brazo, Hombro y Mano (DASH); así como aquellas destinadas a patologías específicas, como: la Prueba de función de la mano en casos de artritis (AHFT), el Índice Australiano-Canadiense de Osteoartritis de la mano (AUSCAN), la Escala para la Evaluación y Cuantificación de Afecciones Reumáticas Crónicas de las Manos (SACRAH), y la Escala de Función de la Mano de Cochin (Perez Marmol, 2020).

Según describe César Cuesta-García, *et al* (2021), dentro de las herramientas más utilizadas en Terapia Ocupacional para la evaluación de la funcionalidad y la participación se incluye el cuestionario DASH, instrumento específico de medición de la calidad de vida relacionada con los problemas del miembro superior. Dicho instrumento permite evaluar los tres dominios de la Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud (funciones y estructuras corporales, actividades y participación).

CAPÍTULO 5: PERCEPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

5.1 PERCEPCIÓN

La percepción es definida como un proceso que consiste en el reconocimiento, interpretación y significación para la elaboración de juicios en torno a las sensaciones obtenidas del ambiente físico y social, en el que intervienen otros procesos psíquicos entre los que se encuentran el aprendizaje, la memoria y la simbolización (Vargas Melgarejo, 1994). La percepción de una experiencia es subjetiva a cada individuo, ya que las reacciones a un mismo estímulo varían dependiendo de diversos factores, entre los que se incluyen: experiencias previas, interés, expectativas, entre otros.

La percepción depende de referentes aprendidos, mediante los cuales se conforman evidencias a partir de las que las sensaciones adquieren significado al ser interpretadas e identificadas como las características de las cosas, de acuerdo con las sensaciones de objetos o eventos conocidos con anterioridad. Este proceso de formación de estructuras perceptuales se realiza a través del aprendizaje mediante la socialización del individuo en el grupo del que forma parte, de manera implícita y simbólica en donde median las pautas ideológicas y culturales de la sociedad, por este motivo, la percepción es biosociocultural (Vargas Melgarejo, 1994).

5.2 PERCEPCIÓN EN REHABILITACIÓN

La percepción de la experiencia de rehabilitación influye directamente en la motivación de los pacientes frente a dicho proceso. En el contexto de rehabilitación, la motivación se manifiesta principalmente como la iniciativa del paciente para participar en las tareas de rehabilitación, el grado de su participación durante la rehabilitación y su disposición a dedicar tiempo al entrenamiento de rehabilitación (Wenxi *et al*, 2024).

En diversas investigaciones de las citadas anteriormente en el apartado de “estado actual de la cuestión”, en las que se emplea el sensor de movimiento de manos para la rehabilitación física de miembro superior (Wang *et al*, 2017. De los Reyes Guzmán *et al*, 2018. Fernández-González *et al*, 2019. Caballero, A. Genre, C. 2021. Laude *et al*, 2023. Aguilera-Rubio *et al*, 2024), se destaca que más allá de los beneficios funcionales del uso del sensor, los pacientes muestran percepciones favorables vinculadas a la motivación, la participación activa, la adherencia al tratamiento y la usabilidad del dispositivo.

Además, en 2024 se llevó a cabo un estudio cuyo objetivo fue investigar la relación entre la motivación y la recuperación funcional en pacientes que reciben rehabilitación. Los resultados

mostraron que, en general, el nivel de motivación en la rehabilitación se correlacionó positivamente con mejoras en la función motora de las extremidades superiores y mejoras en la independencia en actividades de la vida diaria (Wenxi et al, 2024). Además, los autores describen que, para mejorar el nivel de participación de los pacientes, han incorporado estrategias como enfoques de juego, robots de rehabilitación y equipos de realidad virtual. Estos métodos tienen como objetivo aumentar el disfrute y la iniciativa, impulsar la motivación del paciente y, por lo tanto, mejorar la eficacia de la rehabilitación (Wenxi et al, 2024).

Por último, en 2025, George, C. M *et al*, realizaron una revisión bibliográfica acerca del papel de la tecnología y juegos para la rehabilitación de afecciones musculoesqueléticas en las extremidades superiores. Los autores describen distintos beneficios terapéuticos y de participación, según lo informado por los artículos incluidos (41 en total). De entre los beneficios de participación, se destaca principalmente la motivación, la experiencia agradable y el aumento del compromiso (fig. 3).



Fig. 3. Beneficios de la participación en el uso de tecnología de juegos para la rehabilitación de afecciones musculoesqueléticas en las extremidades superiores. (George, C. M. Et al, 2025).

5.3 MOTIVACIÓN DESDE EL ENFOQUE DE T.O

Si bien las teorías de Terapia Ocupacional típicamente no consideraban motivación y desempeño físico en el mismo marco teórico, existe un reconocimiento creciente de la importancia de considerar juntos cuerpo y mente para explicar los fenómenos. La motivación para una tarea puede influir en el grado de esfuerzo físico dirigido a esa tarea (Riccio et al, 1990. Citado en Kielhofner, 2011), mientras que los deterioros físicos pueden disminuir el deseo de hacer cosas (Murphy, 1987. Citado en Kielhofner, 2011).

Los conceptos del Modelo de Ocupación Humana (MOHO) intentan evitar la división de los seres humanos en componentes físico y mental separados, sino que los consideran como aspectos integrales del ser humano total. Dentro del MOHO, las personas son conceptualizadas como formadas por tres componentes interrelacionados: volición, habituación y capacidad de desempeño (Kielhofner, 2011).

La volición se refiere a la motivación por la ocupación. Esto se relaciona con tres aspectos fundamentales: sentido de eficiencia o de capacidad (causalidad personal), importancia que se da a lo que uno hace (valores), y goce o satisfacción que uno experimenta al hacer cosas (intereses). A su vez, la volición es un proceso continuo que inicia con la experiencia (los pensamientos y sentimientos inmediatos que emergen en medio del desempeño, por ejemplo, sentir placer, ansiedad, bienestar, desafío o aburrimiento). Luego, se produce una interpretación de esta experiencia (reflexión sobre el desempeño en términos de su importancia para la propia persona). En torno a esto, se construyen pensamientos y sentimientos que llevan a la anticipación (el proceso de notar potenciales o expectativas para la acción y reaccionar ante ellos). Finalmente, estos procesos desencadenan en las elecciones de actividad y de ocupación (decisiones deliberadas y de corto plazo para emprender y abandonar actividades) (Kielhofner, 2011).

Siguiendo los conceptos de este modelo teórico, y trasladandolos específicamente a la presente investigación, se pondera la importancia de presentar actividades entretenidas y motivadoras en un proceso de rehabilitación física. Entendiendo que, si la experiencia resulta enriquecedora, la persona realizará una interpretación positiva de la misma y es más probable que tome la decisión de realizar y mantener en el tiempo las acciones vinculadas, aumentando la adherencia al tratamiento.

CAPÍTULO 6: REALIDAD VIRTUAL

6.1 REALIDAD VIRTUAL

Puede definirse a la realidad virtual (RV) como una plataforma que provee un entorno artificial donde el usuario puede percibir simulaciones creadas por el sistema como si fueran reales. Conlleva la representación de escenas o imágenes de objetos, producida por un sistema informático, que ofrece la oportunidad de involucrarnos en escenarios que parecen y se sienten similares a los objetos y eventos del mundo real. El término es muy amplio y ha sido aplicado a cualquier desarrollo tecnológico que vaya desde juegos de computadora hasta películas tridimensionales (Marotta, Addati, Montes de Oca, 2020).

Si bien parece que las tecnologías de realidad virtual son muy recientes, la realidad es que llevan algunas décadas entre nosotros, aunque es ahora cuando están experimentando un auge imparable abarcando múltiples campos de la sociedad (Ordóñez, 2020). El primer antecedente se identifica en 1901, cuando el escritor Frank L. Baum ideó unas gafas electrónicas que superponían datos sobre las personas que visualizaban (“Character marker”). En 1982 Jaron Lenier presenta sus Data Glove, los primeros guantes con sensores que reconocen el movimiento. En 1987 se presentan los primeros cascos de RV de Nintendo y Sega. A partir de este momento, se rastrea una gran cantidad de lanzamientos y publicaciones referidos a la temática (Ordóñez, 2020).

En la bibliografía citada se menciona una gran cantidad de ámbitos en los que la RV es aplicada actualmente, entre ellos se incluye: entretenimiento, medicina, rehabilitación. educación y formación, videojuegos, militar, teletrabajo, publicidad, turismo, comercialización, gastronomía, astronomía, arqueología, arquitectura y planificación urbana, ingeniería, industria, fabricación y mantenimiento, arte, navegación, entre muchos otros más (Ordóñez, 2020).

No hay una definición universal de RV, puede decirse que es una simulación de la realidad mediante elementos multimedia que crea en el usuario la sensación de estar inmerso en ella, pudiendo esta simulación replicar un mundo real o imaginario. Existen diversos grados de realidad virtual, que puede clasificarse en: inmersiva, semi inmersiva o no inmersiva.

Realidad virtual inmersiva

La realidad virtual inmersiva está basada en un entorno tridimensional, y la realidad física del usuario es reemplazada por el entorno artificial. El usuario se siente dentro del mundo virtual que está explorando. Utiliza diferentes dispositivos denominados accesorios, como pueden ser guantes, trajes

especiales, visores o cascos, y estos últimos le permiten al usuario visualizar los mundos a través de ellos (Marotta, Addati, Montes de Oca. 2020).

Realidad virtual no inmersiva

La realidad virtual no inmersiva, en cambio, muestra el entorno en una pantalla. El usuario utiliza el monitor como ventana hacia el mundo virtual y la interacción es por medio del teclado, micrófono, mouse o joystick, sensor de movimiento, entre otros. Ofrece un nuevo mundo a través de una ventana de escritorio. Este enfoque tiene varias ventajas sobre el inmersivo, como el bajo costo o la facilidad y la rapidez de aceptación de los usuarios. Los dispositivos inmersivos son de elevado costo y generalmente el usuario prefiere manipular el ambiente virtual por medio de dispositivos familiares, por ejemplo, el teclado y el mouse, que a través de cascos pesados o guantes (Marotta, Addati, Montes de Oca. 2020).

Realidad virtual semi inmersiva

La realidad virtual semi inmersiva es justamente un punto intermedio entre los anteriores grados de inmersión. El usuario interactúa con varias pantallas en forma de cubo (tres pantallas forman las paredes y una el piso, por ejemplo), las cuales rodean al observador, el usuario usa lentes y un dispositivo de seguimiento de movimientos de la cabeza. El usuario continúa conectado a las visuales, sonidos, olores del mundo real y teniendo control sobre objetos físicos (Marotta, Addati, Montes de Oca. 2020).

6.2 REALIDAD VIRTUAL Y REHABILITACIÓN

La RV se ha incluido dentro de la práctica clínica de los profesionales rehabilitadores, ofreciendo un nuevo enfoque motivador que aporta una alta intensidad de movimientos dirigidos a un objetivo, con un feedback positivo entre estímulo-respuesta que genera un aprendizaje motor, mostrándose efectiva tanto en patologías de base neurológica, como traumáticas, e incluso en el tratamiento del dolor (Blasco Gimenez, 2020). El uso de la RV como parte del tratamiento del dolor ha sido utilizado en personas con lesiones por quemaduras, síndrome de dolor regional complejo, dolor de miembro fantasma o dolor crónico.

Una revisión sistemática de diversos estudios, realizada en el año 2024, ha demostrado que la RV es una herramienta efectiva para la rehabilitación física, mejorando significativamente la función motora, flexibilidad, coordinación, movilidad y calidad de vida en pacientes con diversas condiciones de salud. Los estudios revisados mostraron que la RV puede ser tan efectiva, o incluso más, que las metodologías tradicionales de rehabilitación, debido a su capacidad para proporcionar un entorno de práctica motivador y personalizado (Davila-Moran, 2024).

La aplicación de la RV en rehabilitación se distingue en dos categorías principales de sistemas de RV. La primera categoría, corresponde a sistemas robóticos o dispositivos mecánicos, donde la RV se utiliza simplemente como un complemento al dispositivo robótico que soporta la ejecución de movimientos. La segunda categoría, es cuando la propia RV proporciona la intervención terapéutica significativa. Esto podría ser a través de:

a) Videojuegos, con o sin retroalimentación háptica, que permiten la creación de una experiencia multisensorial con o sin simulación ecológica de las tareas cotidianas.

b) Proporcionar señales visuales para estimular la actividad de la red de neuronas espejo y posiblemente desencadenar procesos adaptativos en el cerebro para promover la recuperación de las deficiencias (Blasco Giménez, 2020).

6.3 LEAP MOTION CONTROLLER (LMC)

El controlador Leap Motion es un sensor de movimiento de manos que permite participar de distintos entornos clasificados como realidad virtual no inmersiva. Consiste en un pequeño dispositivo periférico USB diseñado por una empresa estadounidense en el año 2013. Fue creado para colocarse sobre un escritorio físico conectado a una computadora, mirando hacia arriba, y ofrece posibilidad de montarse en un casco de realidad virtual. Mediante dos cámaras infrarrojas monocromáticas y tres LED infrarrojos, el dispositivo observa un área hemisférica a una distancia de aproximadamente 1 metro. Gracias a su tecnología, es capaz de rastrear ambas manos y los 10 dedos mientras se mueven por el espacio entre la persona y la computadora, sin necesidad de colocar sensores ni dispositivos en su cuerpo (Dan Kirby, 2024). *(fig. 4)*



Fig. 4. Leap Motion Controller (LMC).

El primer Leap Motion Controller se anunció en el año 2013 y se vendieron más de 500.000 unidades tras su primer año en el mercado. Dicho dispositivo aún se fabrica y vende, existiendo en la actualidad una versión 2, que cumple la misma función pero cuenta con mayor precisión y desarrollo tecnológico.

El dispositivo utiliza algoritmos para calcular los datos de la mano a partir de los datos brutos del sensor. Estos datos brutos se componen de valores de brillo infrarrojo y datos de calibración para corregir distorsiones de la lente. El software especial detecta las manos y dedos y traduce los datos en información para la computadora, quien reproduce los movimientos en la pantalla. Los requisitos mínimos del sistema para usar en escritorio son: Windows 10, procesador Intel Core™ i3 de 64 bits de quinta generación, 2 GB de RAM y puerto USB 2.0. Estos requisitos suelen encontrarse en las notebook y/o computadoras comunes del mercado.

Este sistema presenta importantes ventajas sobre otros sistemas de captura de movimiento, principalmente gracias a su portabilidad, facilidad de uso, bajo coste y naturaleza no inmersiva. Según estudios que buscaron poner a prueba la sensibilidad y funcionamiento del dispositivo, entre ellos Guszvinecz, et al. (2019), el LMC es uno de los sensores de seguimiento de manos más precisos y económicos. Esto lo hace adecuado para diversos campos de investigación, como la educación, la rehabilitación, el reconocimiento de gestos y el entretenimiento.

CAPÍTULO 7: MARCOS TEÓRICOS DE REFERENCIA

7.1 MARCO DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA DE TERAPIA OCUPACIONAL (AOTA, 2020).

El Marco de Trabajo para la Práctica de Terapia Ocupacional, desarrollado por la AOTA (Asociación Americana de Terapia Ocupacional), ofrece una guía para definir y comprender la práctica profesional de la Terapia Ocupacional. Esta profesión es definida como el uso terapéutico de las ocupaciones de la vida diaria con personas, grupos o poblaciones (el cliente) con el propósito de mejorar o permitir la participación. Los profesionales de la terapia ocupacional utilizan su conocimiento de la relación transaccional entre el cliente, la participación del cliente en ocupaciones valiosas y el contexto para diseñar planes de intervención basados en la ocupación.

El Marco se organiza y divide en dos componentes centrales: Dominio y Proceso. El Dominio establece el alcance del conocimiento y experiencia de la profesión, e incluye los siguientes componentes:

- Ocupaciones: actividades significativas como actividades de la vida diaria (AVD), actividades instrumentales de la vida diaria (AIVD), educación, trabajo, ocio, juego, participación social y manejo de la salud.
- Contextos: factores personales y ambientales que influyen en la participación ocupacional.
- Patrones de desempeño: hábitos, rutinas, roles y rituales que estructuran la vida del cliente.
- Habilidades de desempeño: acciones observables relacionadas con la motricidad, procesamiento y habilidades de interacción social.
- Factores del cliente: incluyen valores, creencias, espiritualidad, funciones y estructuras corporales.

Por otro lado, el Proceso describe cómo se proporciona la Terapia Ocupacional, y se estructura en tres etapas. La primera de ellas, la evaluación, implica desarrollar el perfil ocupacional del cliente y analizar su desempeño en ocupaciones significativas. En la segunda etapa, de intervención, se diseñan estrategias centradas en el cliente para facilitar la participación ocupacional y alcanzar resultados funcionales. La última etapa es la de resultados, en la cual se evalúa la efectividad del abordaje terapéutico, buscando mejorar la salud, el bienestar y la participación.

7.2 MODELO BIOMECÁNICO.

El marco de referencia teórico biomecánico combina la comprensión de la cinética, la cinemática, la fuerza, el brazo de palanca y otros aspectos básicos de la física. La intervención se basa en el análisis de los componentes físicos como principal causa de limitación. Tradicionalmente, los

tratamientos basados en este marco de referencia se han basado en la aplicación de ejercicios, la confección de ortesis y otras técnicas ortopédicas (Sanchez Cabeza, 2015).

Según Polonio Lopez (2004), este marco se basa en cuatro presupuestos: las actividades con propósito pueden utilizarse para tratar el arco de movimiento, la fuerza y la resistencia; después de recuperar estas propiedades, el paciente recupera automáticamente la función; debe existir un equilibrio entre el principio de reposo y acción; el sistema nervioso central del paciente debe estar intacto. Con esto en mente, los objetivos de la intervención se deben enfocar en prevenir deformidades, recuperar la capacidad de movimiento y compensar el movimiento limitado.

Al utilizar las actividades como medio terapéutico, éstas no necesariamente deben formar parte de las actividades cotidianas de la persona. Cualquier actividad puede ser utilizada para lograr una mejoría determinada en algunos o todos los parámetros de rendimiento (Polonio Lopez, 2004).

Si bien este modelo es criticado por tener una visión reduccionista del proceso, se suele utilizar frecuentemente como referencia para las intervenciones enfocadas en la recuperación funcional de lesiones musculoesqueléticas. Desde la Terapia Ocupacional utilizamos este modelo como guía de abordaje terapéutico, sin perder de vista la mirada y aportes propios de la disciplina, como lo son la percepción integral y holística de la persona, teniendo en cuenta sus intereses, motivaciones, ocupaciones y proponiendo actividades con propósito y significativas.

7.3 MODELO HAAT.

El modelo HAAT (“Tecnología de Asistencia para la Actividad Humana”, o en su nombre original “Human Activity Assistive Technology Model”) es un marco teórico utilizado para la práctica de Terapia Ocupacional junto con la tecnología. El modelo fue creado por un ingeniero y un terapeuta ocupacional con el objetivo de evaluar y seleccionar la tecnología asistiva que mejor se adapte al usuario que la necesita para llevar a cabo sus actividades (Perdomo Delgado C, 2019).

El modelo HAAT se basa en la interacción de cuatro componentes básicos: la actividad, el factor humano, las tecnologías de ayuda y el contexto donde se produce la interacción. Cada uno de estos componentes del modelo juega un papel en el sistema total, que comienza con la necesidad o deseo de una persona de ejecutar una actividad. Dicha actividad, independientemente de cual sea; marca la meta del sistema y ésta se lleva a cabo en un contexto. La combinación de actividad y contexto determinarán qué habilidades humanas se requieren para lograr alcanzar la meta. Si a la persona le faltan las habilidades necesarias para lograr la actividad puede utilizar tecnologías de ayuda (Alcantud Marín, F., 1999).

DISEÑO METODOLÓGICO

ENFOQUE Y TIPO DE ESTUDIO

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque de tipo cuantitativo. Dicho enfoque es definido por Hernández Sampieri (2014) como aquel que utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías, en este caso la efectividad de un proceso de intervención. Se pretende probar una hipótesis formulada a priori, a partir de la recolección de datos con pruebas estandarizadas y/o sistematizadas como la prueba de Clavijas con Nueve Orificios, la Escala Visual Analógica del Dolor (EVA), y la versión abreviada del Cuestionario de Discapacidad del Hombro, Codo y Mano (Quick-DASH). Además se buscó controlar fuentes de error y minimizar la influencia del investigador en los resultados, garantizando así la objetividad y confiabilidad de los datos.

Por otro lado, el término "diseño" se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema (Hernandez Sampieri, 2014). En este caso, se planteó la utilización de un diseño experimental, definido como aquel en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador. De este modo, se realizó una manipulación de la variable independiente (juegos de realidad virtual no inmersiva aplicados a través del sensor de movimiento de manos), y una medición de las variables dependientes (destrezas manipulativas, dolor, funcionalidad de la mano y percepción de la experiencia), para conocer y describir el efecto sobre las mismas.

El subtipo de diseño se corresponde con un pre-experimento, denominado así debido a que su grado de control es mínimo (Sampieri, 2014). Se realizó una preprueba y una posprueba con un solo grupo de intervención. De esta manera, existe un punto de referencia inicial que permite realizar una comparación con los valores de cada variable luego de la intervención.

VARIABLES PRINCIPALES DEL ESTUDIO

1- Destrezas manipulativas.

- Definición conceptual: habilidad manual que requiere una rápida coordinación de movimientos finos y gruesos en función de un cierto número de capacidades desarrolladas a través del aprendizaje, la capacitación y la experiencia (Poirier, 1988).
- Definición operacional: se evalúa a través de la ejecución de tareas que requieren el uso coordinado, preciso, controlado y veloz de los dedos y la mano para manipular objetos pequeños y realizar movimientos finos. En el caso de la Prueba de Clavijas de Nueve Orificios, la interpretación de los resultados deviene de la dimensión de velocidad, siendo la media normativa en población sana de 16,55 segundos (Moreno-Morente, *et al.* 2024). Esto implica:
    - Buen desempeño: 17 segundos o menos.
    - Bajo desempeño: más de 18 segundos.

2- Dolor.

- Definición conceptual: experiencia sensitiva y emocional desagradable, asociada a una lesión tisular real o potencial (Asociación Internacional para el Estudio del Dolor. Citado en Puebla Diaz, 2005).
- Definición operacional: se define de acuerdo a la experiencia subjetiva de la intensidad de dolor reportada por las personas a partir de una escala numérica que va de 0 a 10 puntos, donde 0 representa la ausencia de dolor y 10 representa el peor dolor imaginable. Siendo su interpretación de la siguiente manera:
    - Dolor leve: se puntúa de 0 a 3 puntos.
    - Dolor moderado: se puntúa de 4 a 7 puntos.
    - Dolor intenso: se puntúa de 8 a 10 puntos.

3- Funcionalidad de la mano.

- Definición conceptual: la funcionalidad se define como la interacción del conjunto de las funciones corporales, las estructuras del cuerpo, las actividades y la participación del individuo en un contexto determinado (WHO, 2002).
- Definición operacional: habilidad que un individuo posee para llevar a cabo ocupaciones y actividades concretas de la vida diaria, como: preparación de comidas, higiene personal-aseo, gestión del hogar, movilidad funcional, participación social, descanso y sueño, y trabajo. Sus indicadores son:

- Preparación de comidas: abrir un frasco apretado o nuevo, utilizar un cuchillo.
- Higiene personal-aseo: lavar su espalda.

- Gestión del hogar: realizar quehaceres del hogar pesados, por ejemplo, lavar los pisos.
- Movilidad funcional: cargar una bolsa de mandado o maletín.
- Actividades recreativas: realizar actividades recreativas en las que recibe alguna fuerza o impacto en miembro superior, por ejemplo, tenis.
- Descanso y sueño: obtener un descanso y sueño reparador.
- Participación social: establecer un encuentro social con familia y/o amigos.
- Trabajo: participación y rendimiento en la jornada laboral.

  El resultado total obtenido frente a estos indicadores puede diferenciarse en cuatro categorías:
    - mala / limitación severa (60 - 100 puntos).
    - regular / limitación moderada (40 - 59 puntos).
    - buena / limitación leve (20 - 39 puntos).
    - excelente / funcionalidad completa (< 20 puntos).

4- Percepción de la experiencia.

- Definición conceptual: proceso que consiste en el reconocimiento, interpretación y significación para la elaboración de juicios en torno a las sensaciones obtenidas del ambiente físico y social, en el que intervienen otros procesos psíquicos entre los que se encuentran el aprendizaje, la memoria y la simbolización (Vargas Melgarejo, 1994).
- Definición operacional: experiencia subjetiva de la persona en relación al uso del sensor de movimiento de manos y los juegos de realidad virtual no inmersiva, en función de considerarlo: desafiante, entretenido, motivante y/o frustrante, a partir de una escala de Tipo Likert (totalmente en desacuerdo - en desacuerdo - indiferente - de acuerdo - totalmente de acuerdo).

POBLACIÓN

Personas con fractura/s de metacarpiano/os y/o falange/es que concurren al Servicio de Terapia Ocupacional de la Clínica de Fracturas y Ortopedia de la ciudad de Mar del Plata durante el periodo noviembre 2025 - febrero 2026.

MUESTRA

La muestra estuvo conformada por 15 (quince) personas, tanto del sexo femenino como masculino, mayores de 18 años, con diagnóstico de fractura/s de metacarpiano/os y/o de falange/es, intervenidos o no quirúrgicamente, concurrentes al Servicio de Terapia Ocupacional en la Clínica de Fracturas y Ortopedia de la ciudad de Mar del Plata durante el periodo noviembre 2025 - febrero 2026.

MÉTODO Y CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MUESTRA

El método de selección de la muestra fue de tipo no probabilístico por conveniencia. En este diseño de muestreo, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador (Hernandez Sampieri, 2014). La muestra fue seleccionada de acuerdo a la disponibilidad de participantes durante el periodo noviembre 2025 -febrero 2026 que cumplieron con los criterios de inclusión planteados.

Criterios de inclusión:

- Personas de ambos sexos, mayores de 18 años de edad.
- Diagnóstico de fractura de metacarpiano/os y/o falange/es, ya sea de tipo estable o inestable, intra o extra articular, tratada de forma conservadora o quirúrgica.
- Concurrencia al servicio de Terapia Ocupacional de la Clínica de Fracturas y Ortopedia de la ciudad de Mar del Plata.
- Firma del consentimiento informado para la participación de la investigación.

Criterios de exclusión:

- Artrodesis o anquilosis en alguna de las articulaciones de la mano.
- Presencia de dolor agudo mayor a 8 según la Escala Visual Analógica.
- Presencia de severa inflamación o edema que impida la implementación de la intervención.
- Ausencia en los momentos de evaluación, ya sea durante la pre o post prueba.
- Ausencia significativa durante la instancia de intervención.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se realizó una recopilación documental a partir de la revisión de la historia clínica de cada participante, para conocer los aspectos relevantes a la investigación: fecha y localización de la lesión, tipo de fractura, tipo de tratamiento implementado, entre otros. Además, nos permitió conocer variables secundarias, como sexo, edad, ocupacion y cobertura medica de la persona. (*Anexo 1*).

Para evaluar las destrezas manipulativas, se utilizó la Prueba de Clavijas con Nueve Orificios o “Nine Hole Peg Test”. Este instrumento fue introducido originalmente por Kellor, en 1971. En su informe, proporcionó dimensiones aproximadas para la prueba y los procedimientos generales para su administración. Consiste en una tabla con nueve agujeros y nueve clavijas de madera. El paciente debe colocar y sacar las clavijas de los agujeros lo más rápido posible, utilizando una sola mano. Se mide el tiempo que tarda en completar la tarea, con un límite de 120 segundos, y se registran los resultados por separado para cada mano. El tablero debe colocarse frente a la persona, y la prueba

incluye una práctica inicial para familiarizar al individuo con los procedimientos. Además, se pueden anotar detalles sobre la calidad de la pinza utilizada durante la prueba. *(Anexo 2)*.

Pese a ser un instrumento de evaluación construido en Estados Unidos, en 2024 Moreno-Morente *et al*., publicaron un artículo español donde el instrumento fue validado para uso en población hispanohablante. Además, distintas investigaciones respaldan su uso en Argentina, entre ellas, "Destreza de las extremidades superiores en pacientes con esclerosis múltiple" llevada a cabo en la Clínica de Esclerosis Múltiple y Centro de Neurología de la Universidad de Buenos Aires (Alonso, R. N. *Et al.*, 2021).

Por otro lado, para la evaluación del dolor se utilizó la Escala Visual Analógica (EVA). Esta es una herramienta que permite conocer la percepción de la persona sobre la intensidad de su dolor. Consiste en una línea recta de 10 cm, donde un extremo representa la ausencia de dolor y equivale al valor 0, mientras que el otro extremo equivale al valor 10 y representa el peor dolor imaginable. El paciente marca en la línea el punto que indica la intensidad de su dolor, o puede también referir verbalmente a través del valor numérico. *(Anexo 3)*.

Como instrumento de evaluación para conocer la funcionalidad de la mano afectada se utilizó el Cuestionario de Discapacidad del Hombro, Codo y Mano (Quick-DASH). Dicho instrumento es un cuestionario autoadministrado desarrollado en 2005 por el Instituto de Trabajo y Salud de Toronto y la American Academy of Orthopaedic Surgeons, como una versión abreviada del cuestionario DASH original. Su objetivo es evaluar el grado de discapacidad y las limitaciones funcionales de la extremidad superior, incluyendo hombro, brazo, codo, muñeca y mano, en personas que presentan lesiones, fracturas o patologías que afectan su funcionalidad.

El Quick-DASH consta de 11 ítems que valoran la capacidad del paciente para realizar diversas actividades de la vida diaria, así como la presencia de síntomas como dolor, debilidad y rigidez. Cada ítem se responde mediante una escala Likert de 5 puntos, que va desde 1 = sin dificultad hasta 5 = incapacidad total. El puntaje final se obtiene transformando la suma de las respuestas en una escala de 0 a 100, donde 0 indica ausencia de discapacidad y 100 representa máxima discapacidad funcional. La funcionalidad se clasifica también en excelente (< 20 puntos), buena (20-39 puntos), regular (40-59 puntos) y mala (60-100 puntos). *(Anexo 4)*.

Por último, para conocer la percepción de los participantes acerca del uso de videojuegos, la realidad virtual no inmersiva, y el Leap Motion Controller utilizado como parte del proceso de rehabilitación, se implementó un cuestionario autoadministrado tipo Likert, confeccionado específicamente para esta investigación. *(Anexo 5)*.

INTERVENCIÓN

El proceso se inició con una recopilación documental de las historias clínicas, con el fin de identificar e invitar a los pacientes que cumplían con los criterios de inclusión establecidos a participar de la investigación. A continuación, se les presentó el consentimiento informado, acompañado de una explicación verbal clara sobre el estudio y sus objetivos. Luego, a quienes aceptaron participar y firmaron el consentimiento, se les administraron las evaluaciones mencionadas anteriormente, registrándose los resultados obtenidos.

Respecto a la intervención, tuvo una duración total de veinte sesiones para cada paciente. La misma consistió en la implementación de un plan de tratamiento de confección propia, basado en el uso de juegos de realidad virtual no inmersiva aplicados a la rehabilitación, mediante la utilización del sensor de movimiento de manos. Dicho plan se implementó durante aproximadamente 10 minutos, luego de la sesión convencional de rehabilitación de Terapia Ocupacional.

El diseño del mismo se estructuró de manera gradual, distribuyendo los juegos seleccionados a lo largo de las sesiones de manera que las demandas y los requerimientos motores fueran en aumento progresivo. En este sentido, se inició con juegos más sencillos, que requerían movimientos globales, y se avanzó progresivamente hacia aquellos de mayor complejidad, que demandaban movimientos más específicos y diferenciados de la mano. Para ello, el plan fue organizado en fases, en las cuales se agruparon los juegos según el tipo de demanda motora. Cada fase fue desarrollada en aproximadamente 5 sesiones.

La primera fase incluyó juegos de carácter exploratorio, orientados al reconocimiento del dispositivo y la familiarización con su uso. Además, los juegos seleccionados apuntaron a la movilidad de la muñeca, utilizando como criterio la movilización del segmento proximal al afectado en esta primera etapa de rehabilitación, generalmente caracterizada por presencia de edema y dolor. La segunda fase estuvo compuesta por juegos que implicaron movimientos de flexo-extensión de los dedos. En la tercera fase, los juegos seleccionados promovieron el cierre de puño, mientras que en la última fase se incorporaron juegos que exigían movimientos más finos y precisos, incluyendo gestos de pinza para el agarre de objetos pequeños.

Una vez finalizadas las sesiones previstas en el plan de intervención, se administraron nuevamente las evaluaciones iniciales, incorporando además una escala Likert destinada a conocer la percepción de los pacientes sobre el sensor utilizado. Los resultados de ambas pruebas, tanto del inicio como del final, fueron comparados y analizados mediante un análisis estadístico descriptivo.

JUEGOS DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN

Se utilizaron un total de 10 juegos, todos ellos recuperados de "Itch.io", un sitio web que permite a los usuarios alojar, vender y descargar videojuegos independientes. Los juegos seleccionados son gratuitos y de público acceso.

FASE 1: Reconocimiento del dispositivo y movilidad del segmento proximal al lesionado.

- El universo en un cubo: luego de tocar un cubo, se despliega en la pantalla un universo con distintos elementos: sol, mar, gaviotas, estrellas, barco, etc. El juego permite interactuar con los distintos elementos, tomándolos y cambiándolos de lugar. Da acceso a los participantes a un reconocimiento básico acerca del funcionamiento del sensor de movimiento de manos. El juego es guiado por el relato de una historia sobre "un día en el barco", de elaboración propia (fig. 5).
- Avión de papel: el jugador pilota un avión de papel y debe atravesar varios anillos dorados en un tiempo limitado. Requiere movimientos de muñeca para dirigir el avión: flexión, extensión, desviación cubital, desviación radial y pronosupinación (fig. 6).

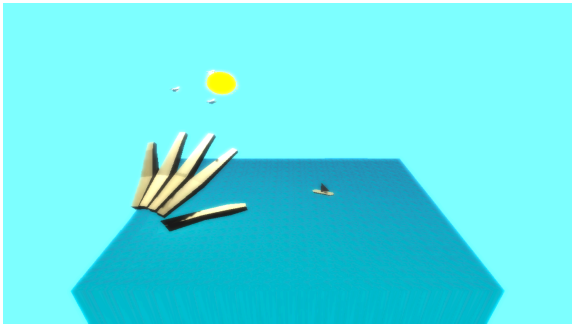


Fig. 5. El universo en un cubo.

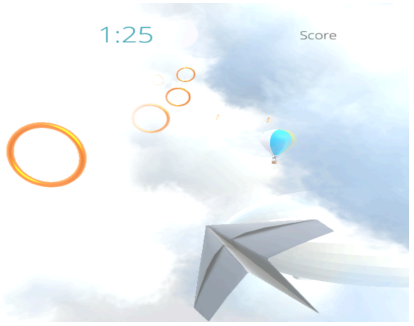


Fig. 6. Avión de papel.

FASE 2: Flexo-extensión de articulaciones metacarpofalángicas e interfalángicas.

- Flota de 5 dedos: cada dedo de la mano representa un barco, que debe recolectar cargas de distintos colores y llevarlas al puerto correspondiente, del mismo color. Para controlar los barcos se requieren movimientos de flexión y extensión metacarpofalángica, manteniendo las interfalángicas en extensión (fig. 7).
- Piano: mediante la flexión y extensión de los dedos se pueden tocar distintas melodías, imitando un piano real. Se ofrecen secuencias de canciones sencillas conocidas, como el "Feliz Cumpleaños" o "Estrellita, ¿Dónde estás?", para que los participantes imiten en el piano (fig. 8).
- Guitarra: mientras una mano controla los acordes, la otra mano es utilizada para tocar las cuerdas de la guitarra. Requiere movimientos de flexo-extensión de los dedos, principalmente

del índice. La consigna implica seleccionar los acordes por orden alfabético (A, B, C, etc.) y luego tocar las cuerdas del color correspondiente a cada acorde (por ejemplo. A = rojo) (fig. 9).

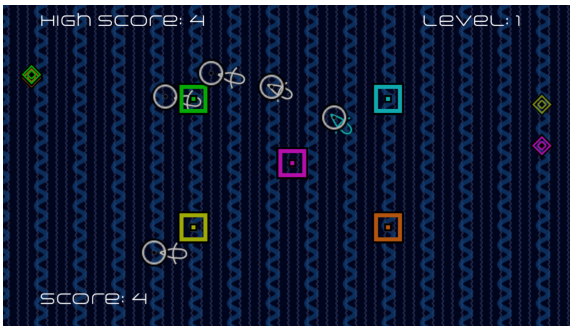


Fig. 7. Flota de 5 dedos.



Fig. 8. Piano.



Fig. 9. Guitarra.

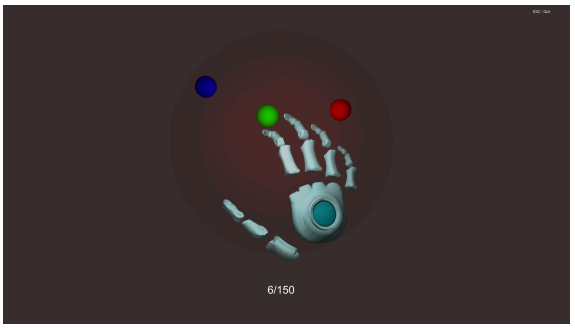


Fig. 10. Tri-orbital.

FASE 3: Cierre de puño.

- Tri-orbital: se presentan tres elementos en la pantalla, que deben ser tomados y lanzados unos contra otros para avanzar de nivel. Se puede jugar con una o ambas manos, empleando constantes movimientos de cierre y apertura de puño (fig. 10).
- Escalar la montaña: el personaje debe ascender hasta la cima de la montaña, tomándose de agarraderas de escalada. El movimiento se controla con la apertura y cierre de puño, llevando los brazos del personaje hacia la agarradera más cercana (fig. 11).

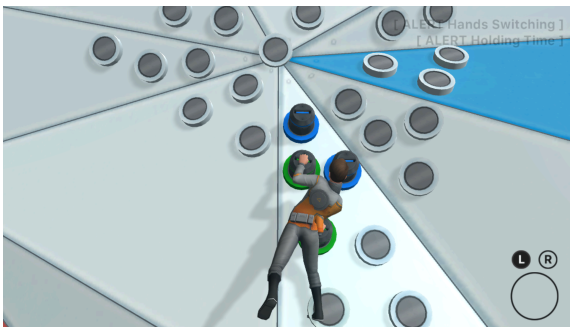


Fig. 11. Escalar la montaña.

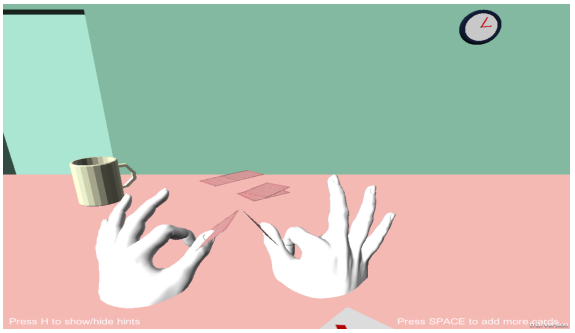


Fig. 12. Monumento de cartas.

FASE 4: Pinza e imitación de gestos.

- Monumento de cartas: los objetivos son dividir las cartas negras y rojas en diferentes pilas, y luego construir una "casa" o "monumento", tomando dos cartas y apoyando una con la otra. Es necesario utilizar la pinza digital para tomar y manipular las cartas (fig. 12).
- Deletreador de dedos: el juego proporciona distintas palabras, que se deben "deletrear" utilizando el lenguaje de señas (incluye una figura que muestra el gesto que se debe copiar). Cada palabra tiene asignado un modelo 3D de una criatura fantástica que se despliega cuando se consigue completar la palabra (fig. 13).
- Fábrica de magia: el objetivo del juego es imitar correctamente los movimientos de las manos del mago, para completar los hechizos. Se utilizan ambas manos e incluye diferentes gestos y posiciones (fig. 14).



Fig. 13. Deletreador de dedos.



Fig. 14. Fábrica de magia.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando el programa Jamovi 2.6.4. Se aplicó Prueba t para muestras relacionadas para analizar las diferencias de medias entre las medidas de la pre prueba y pos prueba. Se consideró que la diferencia entre las medias era estadísticamente significativa cuando los valores de $p \leq 0{,}05$. Complementariamente se calcularon medidas del tamaño del efecto (d de Cohen) considerando valores entre 0.2 y 0.49 como pequeños, valores entre 0.5 y 0.79 como medianos y valores superiores a 0.8 como grandes (Ledesma, R. *et al.*, 2009). Estas medidas indican la importancia (tamaño) de las diferencias entre la pre y posprueba, de modo que valores más altos indican mayores diferencias.

A partir de la obtención de los resultados estadísticos, estos se presentan a través de gráficos, tablas y porcentajes para facilitar la aplicación de la estadística descriptiva.

RESULTADOS

Características de los participantes

La Tabla 1 presenta las características sociodemográficas y clínicas de la muestra, la cual estuvo conformada por participantes con características heterogéneas, tanto en relación con las variables descritas en la tabla como con la edad. El rango etario se ubicó entre los 18 y los 77 años, con una media de 40,5 años. Se observó un predominio de participantes de sexo masculino y con dominancia diestra, siendo la mano derecha la más frecuentemente lesionada. Asimismo, la localización de la lesión se presentó mayoritariamente a nivel de las falanges.

Respecto al tipo de tratamiento recibido, la muestra se distribuyó de manera relativamente equilibrada entre tratamientos conservadores, principalmente uso de férula y sindactilia; y quirúrgicos, que en todos los casos consistió en uso de clavijas. Finalmente, en relación con la cobertura de salud, predominó la atención a través de Aseguradoras de Riesgos del Trabajo (ART), seguida por obra social y atención particular.

Tabla 1: Características de la muestra.

		Frecuencia	Porcentaje %
Género	Femenino	5	33,3
	Masculino	10	66,6
Dominancia	Diestro	14	93,3
	Zurdo	1	6,6
Mano lesionada	Derecha	10	66,6
	Izquierda	5	33,3
Localización de la lesión	Metacarpiano	4	26,6
	Falange	11	73,3
Tipo de tratamiento	Conservador	7	46,6
	Quirúrgico	8	53,3
Cobertura de salud	Obra social	3	20
	ART	10	66,6
	Particular	2	13,3
Total		15	100%

Fuente: elaboración propia.

1- Destrezas manipulativas

La Tabla 2 muestra la comparación de medias de los resultados de destreza manipulativa obtenidas con la mano lesionada, evaluadas mediante la Prueba de Clavijas con Nueve Orificios. Se observó una disminución del tiempo de ejecución desde la preprueba hasta la posprueba, lo que indica un mejor desempeño. El análisis mediante la prueba t de Student evidenció una diferencia estadísticamente significativa entre ambas mediciones. Asimismo, el tamaño del efecto fue grande, evidenciando un cambio relevante en la destreza manipulativa tras la intervención.

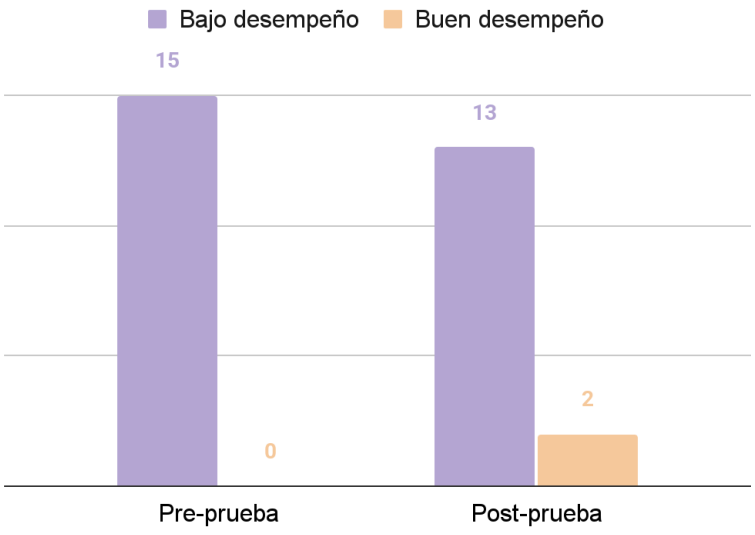
Tabla 2: Comparación de medias de los resultados de destreza manipulativa de la mano lesionada.

	Media Preprueba (DE)	Media Posprueba (DE)	Diferencia entre medias	Prueba *t*	*p*	Tamaño del efecto
Prueba de Clavijas con 9 Orificios	30,1 segundos (13,68)	24,1 segundos (9,69)	6 segundos	3,69	0,001	0,952

Fuente: elaboración propia.

En el Gráfico 1 se observa la distribución de los participantes según los segundos implicados en la realización de la Prueba de Clavijas de Nueve Orificios con la mano lesionada antes y después de la intervención, clasificados en las categorías: buen desempeño (17 segundos o menos) y bajo desempeño (18 segundos o más). A diferencia de la pre prueba, en la post prueba se observa que una leve proporción de participantes logran incorporarse a la categoría de “buen desempeño”.

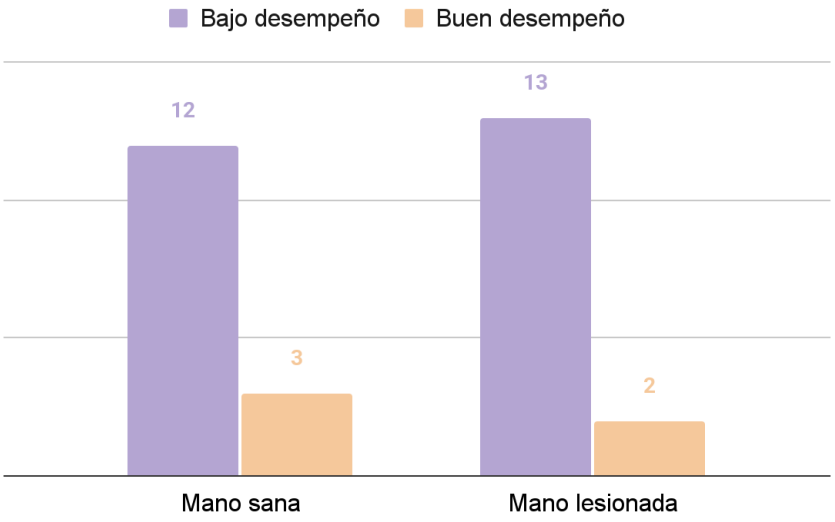
Gráfico N°1: Distribución de participantes según categorías de desempeño en destrezas manipulativas, con la mano lesionada, en la pre y post prueba.



Fuente: elaboración propia.

Si bien la proporción de participantes que alcanzó la categoría de “buen desempeño” en la post prueba es reducida, los resultados evidencian una mejora significativa en el tiempo de ejecución, lo cual da cuenta de un progreso en la destreza manipulativa, aun cuando no se alcancen valores de referencia de población sana. Asimismo, este hallazgo se ve reflejado en el tiempo empleado en la post prueba con la mano sana, en la cual, de igual manera, predominan los resultados correspondientes a la categoría de “bajo desempeño” (Gráfico 2).

Gráfico N°2: Comparación de la distribución de participantes según categorías de desempeño en destrezas manipulativas entre resultados obtenidos con la mano sana y con la mano lesionada en la post prueba.



Fuente: elaboración propia.

2- Dolor

La Tabla 3 muestra la comparación de medias de los puntajes obtenidos mediante la Escala Visual Analógica en la pre y posprueba. Se observa una reducción estadísticamente significativa en los valores luego de la intervención, con un tamaño del efecto grande, es decir que la percepción del dolor disminuyó considerablemente luego del tratamiento.

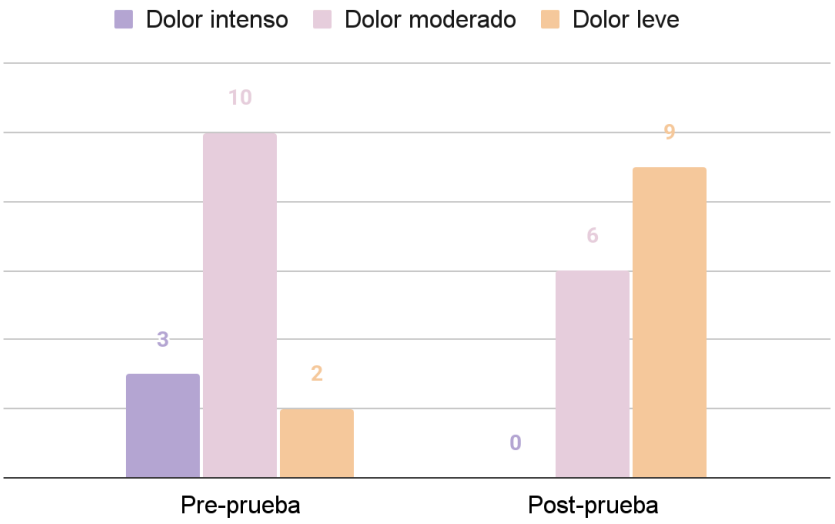
Tabla 3: Comparación de medias de las medidas del nivel de dolor.

	Media Preprueba (DE)	Media Posprueba (DE)	Diferencia entre medias	Prueba *t*	*p*	Tamaño del efecto
EVA	6,13 (1,68)	3,33 (2,41)	2,80	4,27	< .001	1,10

Fuente: elaboración propia.

En el Gráfico 3 se observa la distribución de los participantes según los puntajes de dolor obtenidos antes y después de la intervención, clasificados en las categorías: leve (0 - 3 puntos), moderado (4 - 7 puntos) e intenso (8 - 10 puntos). A diferencia de la pre prueba, en la post prueba se observa que ningún participante se corresponde con la categoría "intenso", a la vez que aumenta la cantidad de puntajes dentro de la categoría "leve", que resulta la predominante.

Gráfico N°3: Distribución de participantes según categorías de dolor obtenidas a partir de EVA en la pre y post prueba.



Fuente: elaboración propia.

3- Funcionalidad de la mano

La Tabla 4 presenta la comparación de las medias de los puntajes obtenidos del Quick-DASH, utilizado para evaluar la funcionalidad de la mano. Se observó una disminución del puntaje desde la preprueba hasta la posprueba, y dado que un menor puntaje indica una mejor funcionalidad, esta disminución resulta positiva. El análisis mediante la prueba t de Student evidenció una diferencia estadísticamente significativa entre ambas mediciones. Asimismo, el tamaño del efecto fue muy grande, lo que indica una mejora clínicamente relevante tras la intervención.

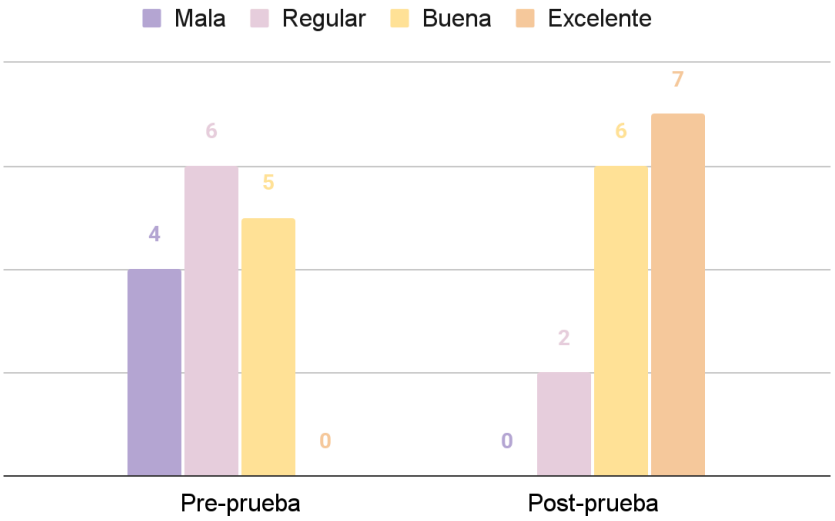
Tabla 4: Comparación de medias de los puntajes de funcionalidad de la mano.

	Media Preprueba (DE)	Media Posprueba (DE)	Diferencia entre medias	Prueba *t*	*p*	Tamaño del efecto
Quick - DASH	50,5 (14,2)	23,3 (16,6)	27,2	7,92	< .001	2,05

Fuente: elaboración propia.

Además, en el Gráfico 4 se observa la distribución de los participantes según los puntajes de funcionalidad de la mano obtenidos antes y después de la intervención, clasificados en las categorías: mala / limitación severa (60 - 100 puntos), regular / limitación moderada (40 - 59 puntos), buena / leve limitación (20 - 39 puntos) y excelente / funcionalidad completa (< 20 puntos). A diferencia de la pre prueba, en la post prueba se observa que ningún participante se corresponde con la categoría "mala", a la vez que surgen puntajes dentro de la categoría "excelente", que resulta la predominante.

Gráfico N°4: Distribución de participantes según categorías de funcionalidad de la mano obtenidas a partir del Quick-DASH en la pre y post prueba.



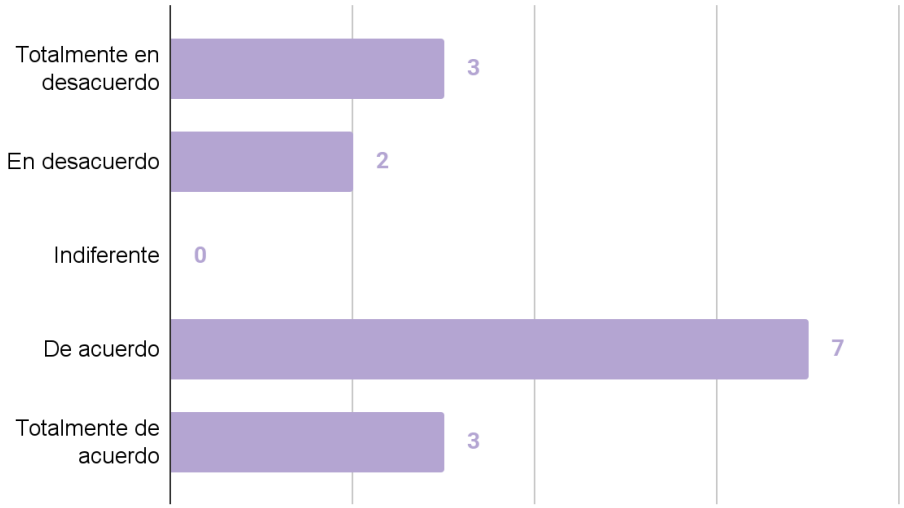
Fuente: elaboración propia.

4- Percepción subjetiva de la experiencia

Los gráficos 5, 6, 7 y 8 muestran las respuestas de los participantes a las distintas valoraciones de la Escala Likert presentada luego de la intervención (anexo 5). A través de esta escala se indagó la percepción subjetiva del uso de la realidad virtual no inmersiva en relación con las dimensiones de desafío, entretenimiento, motivación y frustración.

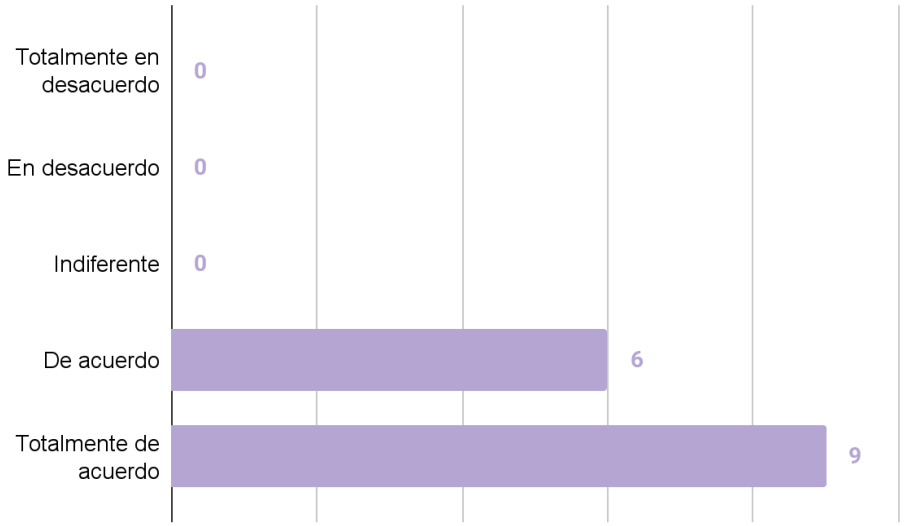
En términos generales, los resultados evidencian una aceptación positiva del sensor de movimiento de manos y de los videojuegos utilizados durante el proceso de rehabilitación. En particular, en los ítems asociados a valoraciones positivas (entretenimiento y motivación) no se registraron respuestas en desacuerdo. Por el contrario, en el ítem vinculado a una valoración negativa (frustración) no se observaron respuestas de acuerdo. Finalmente, el nivel de desafío percibido presentó respuestas variadas entre los participantes, lo cual podría vincularse con factores personales tales como la edad o la familiaridad previa con el uso de tecnologías en la vida cotidiana.

Gráfico N°5. Distribución de respuestas al ítem: "Adaptarme al uso del sensor de movimiento resultó un desafío para mí" (escala Likert).



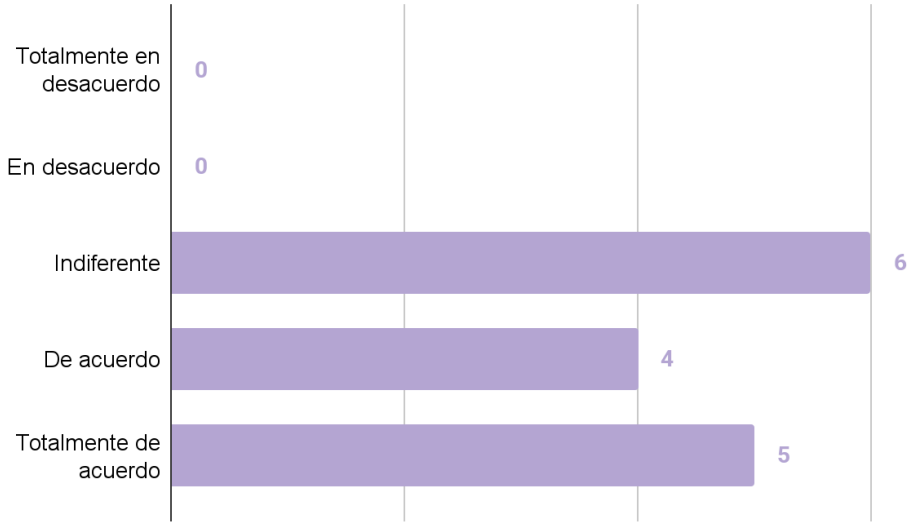
Fuente: elaboración propia.

Gráfico N°6. Distribución de respuestas al ítem: "La rehabilitación con videojuegos me resultó entretenida" (escala Likert).



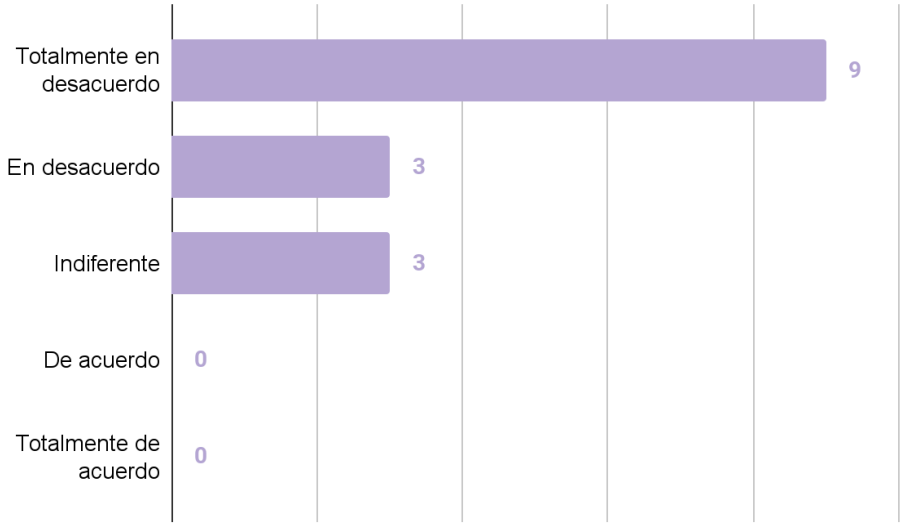
Fuente: elaboración propia.

Gráfico N°7. Distribución de respuestas al ítem: "El uso del sensor me motivaba a asistir a las sesiones de rehabilitación" (escala Likert).



Fuente: elaboración propia.

Gráfico N°8. Distribución de respuestas al ítem: "La rehabilitación con el sensor de movimiento me resultó frustrante" (escala Likert).



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

La presente investigación tuvo como objetivo principal conocer y analizar el efecto del uso de juegos de realidad virtual no inmersiva, aplicados mediante un sensor de movimiento de manos, como recurso complementario dentro del plan de tratamiento de Terapia Ocupacional en personas con fractura/s de metacarpiano/os y/o falange/es; en relación a las destrezas manipulativas, el dolor, la funcionalidad de la mano y la percepción subjetiva del proceso de rehabilitación.

Para llegar a este objetivo, se emplearon como instrumentos de evaluación la Prueba de Clavijas con Nueve Orificios (Anexo 2), la Escala Visual Analógica (Anexo 3), la versión abreviada del Cuestionario de Discapacidad del Hombro, Codo y Mano (Quick-DASH) (Anexo 4) y una Escala Likert de elaboración propia (Anexo 5). El análisis desarrollado en dos momentos diferentes (pre y posprueba) concluye que, a medida que las personas participaron del proceso de rehabilitación y utilizaron los juegos de realidad virtual no inmersiva, los valores obtenidos en cuanto a las variables analizadas resultaron positivos.

Los resultados permiten dar cuenta que la incorporación de este recurso tecnológico sugiere, en términos generales, un efecto favorable. Luego de 20 sesiones de intervención, distribuidas en aproximadamente un mes de tratamiento, se evidenció un incremento de las destrezas manipulativas, una mejora en la funcionalidad de la mano y una disminución del nivel de dolor. Estos hallazgos convocan a considerar que la realidad virtual no inmersiva se puede constituir como una herramienta válida y complementaria de la rehabilitación convencional, favoreciendo el proceso de recuperación funcional de la mano luego de una lesión traumatológica.

Asimismo, se destaca que la percepción subjetiva de los participantes respecto al uso del sensor de movimiento de manos fue sumamente positiva. Los mismos manifestaron una buena aceptación del dispositivo y de la propuesta lúdica, destacando el carácter innovador y dinámico de los juegos. Esto, sumado a la retroalimentación visual en tiempo real, favoreció una participación más activa por parte de los pacientes, aumentando su compromiso en la actividad.

Estos aspectos se alinean con los principios del Marco de Trabajo de Terapia Ocupacional, que concibe la participación como un pilar fundamental para la recuperación ocupacional y la salud de las personas (AOTA, 2020). A su vez, el carácter lúdico de la intervención se vincula con el valor terapéutico del juego y de las actividades con significado en Terapia Ocupacional, en tanto promueven mayor implicación, motivación y participación activa en el proceso terapéutico. En este sentido, el recurso se presenta como una alternativa potencialmente capaz de aumentar el compromiso y la

adherencia al tratamiento, aspectos fundamentales en procesos de rehabilitación que suelen ser prolongados y repetitivos.

Consideramos que el avance tecnológico y la introducción de nuevos recursos de rehabilitación es sumamente valioso para nuestra profesión, cuyas diversas incumbencias hacen que constantemente se esté en la búsqueda de alternativas e incorporaciones pertinentes al proceso terapéutico. Sin embargo, esto debe ser siempre basado en la teoría y en la evidencia empírica. En esta línea, creemos necesaria la continua investigación y exploración de dichos recursos en estudios nacionales, que consideren las variables propias de nuestra población. Destacamos la importancia de abordar la percepción de los pacientes, así como de los profesionales de la salud, en el uso de recursos tecnológicos, como un aspecto fundamental vinculado a este tipo de investigaciones. En este sentido, consideramos como uno de los principales aportes del presente estudio el conocimiento acerca de la percepción positiva y la aceptación de las personas en función del sensor de movimiento de manos.

Por otro lado, se destaca que los resultados obtenidos se encuentran en consonancia con los antecedentes revisados en el estado de la cuestión, principalmente de producción internacional, los cuales señalan que la realidad virtual aplicada a la rehabilitación del miembro superior puede favorecer la motivación frente al proceso terapéutico y la mejora del desempeño funcional (Wang *et al*, 2017. De los Reyes Guzmán *et al*, 2018. Fernández-González *et al*, 2019. Caballero, A. Genre, C. 2021. Laude *et al*, 2023. Aguilera-Rubio *et al*, 2024).

No obstante, es importante considerar las limitaciones del presente estudio al interpretar los resultados, las cuales son abordadas con mayor detenimiento en el apartado correspondiente. A pesar de estas, los resultados obtenidos aportan evidencia acerca del potencial de la realidad virtual no inmersiva como recurso complementario en la rehabilitación de la mano desde Terapia Ocupacional. En este sentido, se considera pertinente que futuras investigaciones amplíen el tamaño muestral, incorporen grupos control y evalúen la efectividad de este tipo de intervenciones a largo plazo, así como su impacto en otras patologías del miembro superior.

En función de lo mencionado, se concluye que el uso de juegos de realidad virtual no inmersiva utilizados mediante un sensor de movimiento de manos se presenta como una herramienta complementaria, motivadora y potencialmente eficaz, que puede enriquecer las intervenciones terapéuticas tradicionales, contribuyendo a la disminución del dolor, la mejora de la funcionalidad y el desarrollo de destrezas manipulativas, en personas con lesiones traumatológicas de la mano. En un contexto donde los procesos de rehabilitación de mano suelen ser prolongados y demandantes, la incorporación de tecnologías accesibles y lúdicas podría constituir una estrategia relevante para

enriquecer la práctica clínica y ampliar los recursos terapéuticos disponibles desde Terapia Ocupacional.

Finalmente, el desarrollo de esta investigación permitió ampliar la mirada sobre el uso de recursos tecnológicos en Terapia Ocupacional. Transitar este proceso desde un rol de aprendizaje y con acompañamiento continuo nos permitió vivenciar perspectivas innovadoras y distintas de las tradicionales, permitiendo poner en primer plano la curiosidad, el desafío y la creatividad. Consideramos estos aspectos como pilares fundamentales para la producción de conocimiento y experiencias enriquecedoras.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Algunas limitaciones del estudio incluyen que, al tratarse de un estudio preexperimental, resulta complejo atribuir los cambios observados exclusivamente a la implementación de juegos de realidad virtual, dado que esta intervención coexistió con los recursos y ejercicios terapéuticos propios de la sesión de Terapia Ocupacional convencional. Asimismo, la ausencia de un grupo control impidió realizar comparaciones entre diferentes modalidades de tratamiento. Por otra parte, la selección de la muestra por conveniencia no permite descartar la presencia de sesgos asociados a factores personales, tales como edad, sexo, tipo de cobertura de salud, o el origen laboral de la lesión. Sumado a esto, la heterogeneidad en el tipo y la gravedad de las lesiones pudo haber influido en la respuesta a la intervención. Asimismo, algunos de los instrumentos de evaluación utilizados se basan en la percepción y subjetividad de los participantes, por lo que las valoraciones pueden estar sujetas a sesgos. Finalmente, al tratarse de un estudio derivado de una tesis de pregrado, el mismo se vio limitado en el tiempo. No obstante, queda abierta la posibilidad de replicarlo de manera más prolongada y profunda, así como también de extender su aplicación a otras lesiones y patologías que afectan las destrezas manipulativas y conllevan procesos de rehabilitación prolongados.

ASPECTOS ÉTICOS

El presente estudio se desarrolló respetando los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013). Previo a su inclusión, todos los participantes recibieron información clara y detallada sobre los objetivos, procedimientos, posibles beneficios y riesgos de la investigación, firmando un consentimiento informado que garantiza su participación voluntaria. Se aseguró la confidencialidad de los datos personales y clínicos, utilizando códigos anónimos para su registro y difusión. Se informó el carácter de la participación como completamente voluntaria, con la posibilidad de abandonar el estudio en cualquier momento, sin que ello afecte la continuidad de su tratamiento convencional en terapia ocupacional. Asimismo, se garantizó el respeto por la integridad física y emocional de cada paciente, evitando cualquier procedimiento que pudiera generar un daño. *(Anexo 6)*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera-Rubio, Á., Alguacil-Diego, I. M., Mallo-López, A., Jardón Huete, A., Oña, E. D., Cuesta-Gómez, A. (2024). Use of low-cost virtual reality in the treatment of the upper extremity in chronic stroke: a randomized clinical trial. Recuperado de: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38254147/

Alcantud Marín, F. (1999). Las tecnologías de ayuda: un modelo de intervención. Conferencia marco en las I Jornadas Nacionales de ESAAC. Vitoria. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/233341428_Las_Tecnologias_de_Ayuda_Un_modelo_de_Intervencion

Alonso, R. N., Eizaguirre, M. B., Cohen, L., Quarracino, C., Silva, B., Pita, M. C., Yastremiz, C., Vanotti, S., Garcea, O. (2021). Upper Limb Dexterity in Patients with Multiple Sclerosis: An Important and Underrated Morbidity. International journal of MS care, 23(2), 79–84. https://doi.org/10.7224/1537-2073.2019-083

Alos Monrabal C, Gómez Martínez M. (2010). Terapia ocupacional y destreza manipulativa en síndrome de Down. TOG (A Coruña) [revista en Internet]. Recuperado de: http://www.revistatog.com/num11/pdfs/original3.pdf

Alvarez, M. (2018). RehabHand: Juegos serios basados en el controlador Leap Motion para la rehabilitación del miembro superior en pacientes con lesión medular cervical. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de Castilla-La Mancha. Repositorio RUIdeRA. Recuperado de: https://ruidera.uclm.es/items/2e9e702c-f216-4217-84a1-ec704acc7a40

American Occupational Therapy Association (2020). Marco de trabajo para la práctica de terapia ocupacional: Dominio y proceso (4.ª ed.; S. Barros Tapia et al., Trads.). Traducción no oficial para fines académicos, Universidad San Sebastián, Chile.

Arman, S., Menekseoglu, A. K., Sezgin, B., Ozgur, B., Capan, N., & Oral, A. (2024). The effects of virtual reality-mediated tendon and nerve gliding exercises in the conservative management of carpal tunnel syndrome: a double-blind randomized placebo controlled trial. Recuperado de: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38551521/

Baeza Ortega Pedro. (2023). Sistema robótico de rehabilitación de miembro superior mediante realidad virtual y aumentada. Universidad de Alicante. Recuperado de: https://rua.ua.es/entities/publication/da4eb338-a230-4b8e-8c23-f3343a6ac677

Berardo Pedemonte, B. Gómez, F. (2023). Autopercepción de la Funcionalidad Recuperada y el Nivel de Dolor en personas con intervención quirúrgica del Manguito Rotador que usan juegos / experiencias 360° de Realidad Virtual Inmersiva en el protocolo de rehabilitación. Tesis de grado de Terapia Ocupacional. Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Blasco Giménez Miguel, (2020). Realidad Virtual aplicada a la terapia de la mano. En R. Cantero Téllez (Coord.), Terapia de mano basada en el razonamiento y la práctica clínica (pp. 263–275). Universidad Internacional de Andalucía.

Caballero, A., & Genre, C. (2021). Diseño y usabilidad de una aplicación integrando el dispositivo Leap Motion para el proceso de rehabilitación del rango de movimiento articular activo de muñeca en pacientes derivados de ART en el consultorio “Rehabilitación de Miembro Superior y Mano” de la ciudad de Córdoba. Trabajo final de grado, Licenciatura en Terapia Ocupacional. Universidad Nacional María Villa. Recuperado de: http://170.210.68.90/index.php?lvl=notice_display&id=38950

Carreño, Ana, Ansari, Mohammed Tahir, Malhotra, Rajesh. (2020). Management of metacarpal fractures. Journal of clinical orthopaedics and trauma, 11(4), 554–561. Recuperado de: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7355092/

Cosentino.(2001). Miembro Superior: Semiología, consideraciones clínicas y terapéuticas. Capítulo 2.

Cuesta-García, Simón-Vicente, Carpena-Niño, Navarrete-Muñoz. (2021). Evaluación de la funcionalidad del miembro superior en personas adultas con Daño Cerebral Adquirido realizada por lo/as profesionales de Terapia Ocupacional en España, estudio transversal. Journal of Move and Therapeutic Science. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8568669.pdf

Cunietti S. (2024) Material de cátedra Terapia Ocupacional en Disfunciones Físicas en Adultos. Carrera de Lic. en Terapia Ocupacional. Facultad de Ciencias de la Salud y Trabajo Social. UNMDP.

Dan Kirby. (2024). About the original Leap Motion Controller. Recuperado de: https://support.ultraleap.com/hc/en-us/articles/18729461772829-About-the-original-Leap-Motion-Controller

Dávila Morán Roberto Carlos. (2024). La rehabilitación física y sus avances con realidad virtual: una revisión sistemática. Universidad Continental (Perú). Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9724704

Díaz Suárez, R., Zabala Cacua, A. K., & Lizarazo, D. M. (2017). "Aplicativo software para telerehabilitación del síndrome del túnel carpiano utilizando el dispositivo Leap Motion". IX Congreso Iberoamericano de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad. Universidad Manuela Beltrán. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/322722221_Aplicativo_software_para_telerehabilitacion_del_sindrome_del_tunel_carpiano_utilizando_el_dispositivo_leap_motion

De los Reyes Guzmán, A., Salas Monedero, M., Lozano Berrio, V., Ceruelo Abajo, S., & Gil Agudo, A. (2018). Aplicabilidad de Leap Motion Controller para el tratamiento de los déficits motores en pacientes tetrapléjicos. Libro de Actas del XXXVI Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica (pp. 191–194). Toledo, España. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8210965

Fernández-González, P., Carratalá-Tejada, M., Monge-Pereira, E., Collado-Vázquez, S., Sánchez-Herrera Baeza, P., Cuesta-Gómez, A., Oña-Simbaña, E. D., Jardón-Huete, A., Molina-Rueda, F., Balaguer-Bernaldo de Quirós, C., Miangolarra-Page, J. C., & Cano-de la Cuerda, R. (2019). Leap motion controlled video game-based therapy for upper limb rehabilitation in patients with Parkinson's disease: a feasibility study. Recuperado de: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31694653/

Firpo Carlos A.N. (2010). Manual de ortopedia y traumatología (3ra ed. y 1era ed. electrónica). Buenos Aires, Argentina.

George, C. M., Raeesi, J., Dabbagh, A., Szekeres, M., & MacDermid, J. C. (2025). The role of gaming technology for upper extremity rehabilitation of musculoskeletal conditions-A scoping review with expert insights. Recuperado de: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40533334/

González-Escalada, J. R., Camba, A., Muriel, C., Rodríguez, M., Contreras, D., y Barutell, C. de. (2012). Validación del índice de Lattinen para la evaluación del paciente con dolor crónico. Revista de la Sociedad Española del Dolor, 19(4), 181-188. Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-80462012000400004&lng=es&tlng=es

Green, D. P., Hotchkiss, R. N., Pederson, W. C., & Wolfe, S. (2005). Green's operative hand surgery (5th ed., Vol. 1). Churchill Livingstone/Elsevier.

Guzsvinecz, T., Szucs, V., & Sik-Lanyi, C. (2019). Suitability of the Kinect Sensor and Leap Motion Controller-A Literature Review. Sensors (Basel, Switzerland), 19(5), 1072. https://doi.org/10.3390/s19051072

Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw-Hill. ISBN 978-1-4562-2396-0.

Hoppenfeld, S., & Murthy, V. (2004). Fracturas: tratamiento y rehabilitación. Editorial Marbán.

Kapandji, A. I. (2012). Fisiología articular: Miembro superior. (Tomo 1, 6.ª ed.). Madrid: Médica Panamericana.

Kielhofner, G. (2011). Modelo de Ocupación Humana: teoría y aplicación (4° ed., pp. 15-29). Editorial Médica Panamericana.

Kjeken, I., Dagfinrud, H., Slatkowsky-Christensen, B., Mowinckel, P., Uhlig, T., Kvien, T. K., & Finset, A. (2005). Activity limitations and participation restrictions in women with hand osteoarthritis: patients' descriptions and associations between dimensions of functioning. *Annals of the Rheumatic Diseases*. Recuperado de https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15829571/

Lahude, A. B., Souza Corrêa, P., P Cabeleira, M. E., & Cechetti, F. (2023). The impact of virtual reality on manual dexterity of Parkinson's disease subjects: a systematic review. Disability and rehabilitation. Assistive technology. Recuperado de: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35077662/

Latarjet, M., & Ruiz Liard, A. (2004). Anatomía humana (Vol. 1, 4.ª ed.). Editorial Médica Panamericana.

Ledesma, R. D, Macbeth, G. y Cortada de Kohan, N. (2009). Computing Effect Size Measures with ViSta. The Visual Statistics System. Tutorials in Quantitative Methods for Psychology, 5 (1), p. 25-34. DOI: 10.20982/tqmp.05.1.p025

Lotze, M., & Lindberg, P. G. (2019). Editorial: Promoting Manual Dexterity Recovery After Stroke. Frontiers in neurology. Recuperado de: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31417489/

Luengas, L. A., Rincón López, D. A., & Galeano, K. J. (2010). Realidad virtual no inmersiva: instrumentos electrónicos de aplicación educativa. Visión Electrónica, 4(1), 94–105. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de: https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visele/article/download/275/5605/16438

Mathiowetz V., Weber K., Kashman N, & Volland G. (1985). Adult Norms for the Nine Hole Peg Test of Finger Dexterity. The occupational therapy journal of research. Recuperado de: https://www.healthandcare.co.uk/user/PDFs/9-hole-peg-test-information.pdf

Marotta, F., Montes de Oca, J. A., & Addati, G. A. (2020). Simulaciones con realidad inmersiva, semi inmersiva y no inmersiva (Documento de trabajo No. 740). Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina (UCEMA). https://hdl.handle.net/10419/238365

Moreno-Morente, G., Hurtado-Pomares, M., Sánchez-Pérez, A., & Terol-Cantero, M. C. (2024). Traducción, adaptación intercultural y viabilidad del NHPT-E de destreza manual para la población española. Recuperado de: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10930797/?utm_source=chatgpt.com

Moreno-Morente, G., Hurtado-Pomares, M., & Terol Cantero, M. C. (2022). Análisis bibliométrico de la investigación sobre el uso de la prueba de las nueve clavijas. Recuperado de: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9407738/

Ordóñez, J. (2020). Realidad Virtual y Realidad Aumentada. Revista Digital de ACTA. Recuperada de: https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/063001.pdf

Organización Panamericana de la Salud. (2025). Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud (CIF). Actualizaciones en la Región de las Américas. Recuperado de: https://www.paho.org/es/eventos/clasificacion-internacional-funcionamiento-discapacidad-salud-cif-actualizaciones-region

Pagani. (2024). Confección y administración del test de Minnesota durante la práctica pre-profesional en el periodo de abril a julio de 2024 : sistematización de la experiencia. http://kimelu.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1011/TG913_Pagani_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Perdomo Delgado, C. (2019). Tecnología de asistencia en terapia ocupacional: uso del modelo Haat. TOG (A Coruña) Vol 16. Núm 30. ISSN 1885-527X. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/350845580_Tecnologia_de_asistencia_en_terapia_ocupacional_uso_del_modelo_Haat

Pérez Mármol, J. M. (2020). Valoración funcional de la mano. En R. Cantero Téllez (Coord.), Terapia de mano basada en el razonamiento y la práctica clínica (pp. 31–41). Universidad Internacional de Andalucía.

Polonio López, B. (2004). Terapia ocupacional en discapacitados físicos: Teoría y práctica. (Colección Panamericana de terapia ocupacional). Madrid: Médica Panamericana. ISBN 978-84-7903-781-9.

Poirier Francoise (1988). Dexterity as a valid measure of hand function: A pilot study. En J. Bear-Lehman & F. S. Cromwell (Eds.), Hand rehabilitation in Occupational Therapy. (p. 71-72). The Haworth Press, Inc. London, England. Recuperado de: https://es.scribd.com/document/932550329/Hand-Rehabilitation-in-Occupational-Therapy-Jane-Bear-Lehman-Florence-S-Cromwell-Taylor-Francis-Unlimited-New-York-1988-Routledge-9#page=85

Puebla Diaz, F. (2005). Tipos de dolor y escala terapéutica de la OMS. Instituto Madrileño de Oncología San Francisco de Asís. Madrid. Recuperado de: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0378-48352005000300006&script=sci_arttext&tlng=pt

Quesada Angulo Mario José (2025). Fracturas de Mano: Abordaje Actual de Tratamiento y Consideraciones Clínicas. Incluido en Revista Electrónica de PortalesMedicos.com. https://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/fracturas-de-mano-abordaje-actual-de-tratamiento-y-consideraciones-clinicas/

Rios Parra, D. (2023). Realidad virtual y sus efectos en la rehabilitación motora del miembro superior en pacientes con secuelas de accidente cerebrovascular. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Extraido de: http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11865

Rockwood, C. A., Green, D. P., & Bucholz, R. W. (Eds.). (2010). Rockwood y Green: Fracturas en el adulto (7.ª ed., Vols. 1-2). Lippincott Williams & Wilkins.

Rollock, C. (2015). Incidencia de las lesiones traumáticas de la mano y la muñeca de origen laboral: estudio de calidad de vida. Tesis doctoral dirigida por García, D y Fernández, F. Universidad de Cantabria. Facultad de Medicina. Departamento de Ciencias médicas y quirúrgicas. Recuperado de: https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/7437/TesisCCMR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sakshi P., Waqar, M. (2022). A research protocol on leap motion tracking device: A novel intervention method in distal radial fracture rehabilitation. Recuperado de: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35522618/

Sánchez Cabeza, Á. (2015). Terapia ocupacional en disfunciones físicas. Madrid: Síntesis. ISBN 978-84-9077-207-2.

Superintendencia de Riesgos del Trabajo. (2025). Informe provisorio de accidentabilidad laboral: Accidentes y enfermedades laborales. Enero a marzo de 2025. Departamento de Estudios Estadísticos / Gerencia Técnica. Argentina. Recuperado de: https://www.srt.gob.ar/estadisticas/datos-provisorios/Informe%20provisorio%20de%20accidentabilidad%20laboral.pdf

Tortora, J. Derrickson, B. (2006). Principios de Anatomía y Fisiología. 13° edición. Editorial Médica Panamericana, S.A de C.V. ISBN: 978-968-7988-77-1.

Ucero Lozano Roberto. (2020). Manejo del dolor crónico en las lesiones traumáticas de la mano. En R. Cantero Téllez (Coord.), Terapia de mano basada en el razonamiento y la práctica clínica (pp. 161–174). Universidad Internacional de Andalucía.

Valdes Kristin. (2020). Fracturas de dedos. En R. Cantero Téllez (Coord.), Terapia de mano basada en el razonamiento y la práctica clínica (pp. 113–124). Universidad Internacional de Andalucía.

Vargas Malgarejo, L. (1994). Sobre el concepto de percepción. Alteridades, vol. 4, núm. 8, pp. 47-53. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Distrito Federal, México. Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/747/74711353004.pdf

Wang, Z. R., Wang, P., Xing, L., Mei, L. P., Zhao, J., & Zhang, T. (2017). Leap Motion-based virtual reality training for improving motor functional recovery of upper limbs and neural reorganization in subacute stroke patients. Recuperado de: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29239328/

Wenxi Li. Guangyue Zhu. Yang Lu. Jinglei Wu. Zhuoxin Fu. Junyi Tang. Guohui Zhang. Dongsheng Xu. (2024). The relationship between rehabilitation motivation and upper limb motor function in stroke patients. Universidad de Medicina Tradicional China de Shanghái, Shanghái, China. Frente. Neurol. Sec. Accidente Cerebrovascular. Volumen 15 - 2024. Recuperado de: https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2024.1390811/full

World Medical Association. (2013). *WMA* Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects (64ª Asamblea General, Fortaleza, Brasil, octubre 2013). https://www.wma.net/wp-content/uploads/2024/10/DoH-Oct2013.pdf

World Health Organization. (2002). Towards a common language for functioning, disability and health: ICF. WHO. Recuperado de: https://www.who.int/publications/m/item/icf-beginner-s-guide-towards-a-common-language-for-functioning-disability-and-health

Wu, Y. T., Chen, K. H., Ban, S. L., Tung, K. Y., & Chen, L. R. (2019). Evaluation of leap motion control for hand rehabilitation in burn patients: An experience in the dust explosion disaster in Formosa Fun Coast. Recuperado de: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30322737/

ANEXO 1. Grilla de datos.

<table>
<tr><td colspan="4">NOMBRE:</td></tr>
<tr><td colspan="4">DIAGNÓSTICO:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Edad:
Sexo:
Ocupación:
Dominancia:
Cobertura:</td><td colspan="2">Fecha de lesión:
Tipo de tratamiento:

Fecha de cirugía:
Fecha de inicio de T.O:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Evaluación inicial
Fecha:</td><td colspan="2">Evaluación final
Fecha:</td></tr>
<tr><td>Prueba de 9 clavijas</td><td></td><td>Prueba de 9 clavijas</td><td></td></tr>
<tr><td>EVA</td><td></td><td>EVA</td><td></td></tr>
<tr><td>Quick-DASH</td><td></td><td>Quick-DASH</td><td></td></tr>
</table>

ANEXO 2. Prueba de Clavijas con Nueve Orificios (Nine Hole Peg Test).

Prueba Del Tablero de Nueve Agujeros

Mathiowetz V, Weber K, Kashman N, Volland G. Adult Norms for the Nine Hole Peg Test of Finger Dexterity. The Occupational Therapy Journal of Research. 1985; 5:24–33 [14]



Información general:

- La Prueba del Tablero de Nueve Agujeros debe realizarse primero con el brazo dominante.
- Debe hacerse un ensayo antes de cronometrar la prueba con cada brazo.
- El tiempo debe medirse con un cronómetro y registrarse en segundos.
- El cronómetro se pondrá en marcha en el momento que la persona evaluada toque la primera clavija.
- El cronómetro se parará cuando la persona evaluada deposite la última clavija en el recipiente.

Medidas de construcción (Mathiowetz et al., 1985 [14]):

- Tablero cuadrado (de madera o plástico) con 9 agujeros:
  - Distancia entre los agujeros: 3.2 cm [14,30] o a 5.0 cm [31].
  - Profundidad de los agujeros: 1.3 cm.
- Tamaño de las clavijas: 0.64 cm de diámetro y 3.2 cm de largo.
- Recipiente para las clavijas: caja cuadrada (100 × 100 × 10 mm) separada del tablero o un hueco redondo y cóncavo al final del tablero [15].
- El tablero debe presentar un mecanismo para reducir la posibilidad de deslizamiento. Se pueden utilizar pegatinas autoadhesivas antideslizantes.

Instrucciones (Mathiowetz et al., 1985 [14]):

- Las instrucciones deben proporcionarse mientras se realiza la demostración de la actividad.
- El tablero debe situarse en frente de la persona evaluada, con el recipiente que contiene las clavijas en el lado de la mano dominante.
- Se debe evaluar primero el brazo dominante.
- Indique a la persona evaluada las siguientes instrucciones:
  - "Coja las clavijas de una en una, usando sólo su mano derecha (o izquierda) y métalas en los agujeros en el orden que quiera hasta que estén todos llenos. A continuación, saque las clavijas de una en una y vuelva a dejarlas en el recipiente. Sujete el tablero con su mano izquierda (o derecha). Esto es un ensayo. Vamos a ver lo rápido que puede poner y sacar todas las clavijas. ¿Está preparado? ¡Empezamos!"
- Después de que la persona evaluada realice el ensayo, indíquele:
  - "Esta será la prueba real. Las instrucciones son las mismas. Hágalo lo más rápido que pueda. ¿Está preparado? ¡Empezamos!" (Ponga en marcha el cronómetro cuando el sujeto evaluado toque la primera clavija).
  - Mientras la persona evaluada esté realizando la prueba diga "Más rápido".
  - Cuando la persona evaluada coloque la última clavija en el tablero, indíquele "Ahora sáquelas de una en una . . .. Más rápido".
  - Pare el cronómetro cuando el sujeto evaluado deje la última clavija en el recipiente.
- Coloque el recipiente en el lado opuesto del tablero y repita el procedimiento con la mano no dominante.

ANEXO 3. Escala Visual Analógica (EVA).



ANEXO 4. Cuestionario de Discapacidad del Hombro, Codo y Mano (Quick-DASH).

Quick DASH

Haga un círculo alrededor del número que mejor indica su capacidad para llevar a cabo las siguientes actividades durante la semana pasada.

	Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad moderada	Mucha dificultad	Incapaz
1. Abrir un pote que tenga la tapa apretada, dándole vueltas	1	2	3	4	5
2. Realizar los quehaceres del hogar más fuertes (por ejemplo, lavar ventanas, mapear)	1	2	3	4	5
3. Cargar una bolsa de compra o un maletín	1	2	3	4	5
4. Lavarse la espalda	1	2	3	4	5
5. Usar un cuchillo para cortar alimentos	1	2	3	4	5
6. Realizar actividades recreativas en las que se recibe impacto en el brazo, hombro o mano (por ejemplo, batear, jugar al golf, al tenis, etc.)	1	2	3	4	5

	En lo absoluto	Poco	Moderadamente	Bastante	Muchísimo
7. ¿Hasta qué punto el problema del brazo, hombro o mano dificultó las actividades sociales con familiares, amigos, vecinos o grupos durante la semana pasada?	1	2	3	4	5

	En lo absoluto	Poco	Moderadamente	Mucho	Totalmente
8. ¿Tuvo que limitar su trabajo u otras actividades diarias a causa del problema del brazo, hombro o mano durante la semana pasada?	1	2	3	4	5

Por favor, evalúe la intensidad de los siguientes síntomas durante la semana pasada:	Ninguna	Poca	Moderada	Mucha	Muchísima
9. Dolor de brazo, hombro o mano	1	2	3	4	5
10. Hormigueo en el brazo, hombro o mano	1	2	3	4	5

	Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad moderada	Mucha dificultad	Incapaz
11. ¿Cuánta dificultad ha tenido para dormir a causa del dolor de brazo, hombro o mano durante la semana pasada?	1	2	3	4	5

Puntuación de discapacidad/síntoma _Quick_ DASH
Para poder calcular la puntuación del _Quick_ DASH hay que completar al menos 10 de las 11 preguntas.

Se suman los valores asignados a cada una de las respuestas completadas y se halla el promedio, obteniendo así una puntuación del uno al cinco. Para expresar esta puntuación en por cientos, se le resta 1 y se multiplica por 25. A mayor puntuación, mayor discapacidad.

Puntuación de DASH de discapacidad/síntoma =

$$\left[\frac{\text{suma de n respuestas}}{n}\right] - 1 \times 25;$$

donde n es igual al número de las respuestas completadas.

ANEXO 5. Escala Likert sobre la percepción del paciente en el uso del sensor de movimiento de manos (Leap Motion Controller) y la realidad virtual no inmersiva.

Cuestionario sobre la percepción del paciente en el uso de juegos de realidad virtual no inmersiva aplicados a través del sensor de movimiento de manos.					
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Adaptarme al uso del sensor de movimiento resultó un desafío para mi					
La rehabilitación con videojuegos me resultó entretenida					
El uso del sensor me motivaba a asistir a las sesiones de rehabilitación					
La rehabilitación con el sensor de movimiento me resultó frustrante					

ANEXO 6. Consentimiento informado.

Consentimiento informado para participar en el estudio de investigación.

Título del estudio: "Implementación de realidad virtual no inmersiva dentro del plan de tratamiento de terapia ocupacional en personas con fractura/s de metacarpiano/os y/o falange/s".

Investigadoras:
Castano, Sofía. Estudiante avanzada de Lic. en Terapia Ocupacional. U.N.M.D.P
Rossi, Valentina. Estudiante avanzada de Lic. en Terapia Ocupacional. U.N.M.D.P

Objetivo:
Evaluar la eficacia del uso de juegos de realidad virtual no inmersiva aplicados a partir del sensor de movimiento de manos, en la mejora de las destrezas manipulativas, el dolor y la funcionalidad de la mano, así como conocer la percepción de los pacientes acerca del uso de dicho dispositivo, en personas con diagnóstico de fractura de metacarpiano y/o falange, que asisten al Servicio de Terapia Ocupacional de la Clínica de Fractura y Ortopedia de la ciudad de Mar del Plata, durante el periodo de noviembre 2025 - febrero 2026.

Procedimiento:
Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por Castano, S. y Rossi, V. He sido informado(a) del objetivo del estudio (Tesis de grado de la Lic. en Terapia Ocupacional).
Me someterán a una evaluación de las destrezas manipulativas (Prueba de Clavijas de Nueve Orificios) al comienzo y al final de la investigación. Me han indicado también que tendré que responder en dos momentos establecidos 1 (una) Escala Visual Analógica sobre el nivel de dolor, y 1 (un) cuestionario autoadministrado Quick-DASH sobre mi funcionalidad, lo cual tomará aproximadamente 10 minutos. Además, al finalizar la investigación, deberé responder 1 (un) cuestionario autoadministrado sobre mi experiencia y percepción de la intervención realizada.
Me han indicado también que tendré que participar de juegos de realidad virtual no inmersiva a partir de un sensor de movimiento de manos conectado a una computadora, durante 5-10 minutos, luego de la sesión de T.O convencional. Así mismo me han indicado que se tomarán fotos y/o videos del proceso con el fin de recabar la experiencia.

Confidencialidad:
Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de este estudio sin mi consentimiento.

Derecho a rehusar o abandonar:

He sido informado(a) de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. Mi identidad será mantenida en el anonimato.

FIRMA: .....

NOMBRE Y APELLIDO:

DNI:

TELÉFONO DE CONTACTO:

ANEXO 7. Carta de autorización.

Sr. Director de la Clínica de Fracturas y Ortopedia
Dr. Luis Patalano

Nos dirigimos a usted a fin de solicitar autorización para realizar el trabajo de investigación en pacientes que concurren al Servicio de Terapia Ocupacional concerniente a nuestra tesis de grado "Implementación de Realidad Virtual no Inmersiva dentro del plan de tratamiento de Terapia Ocupacional en personas con fractura/s de metacarpiano/os y/o falange/es" durante el corriente año con la dirección de la Lic. en Terapia Ocupacional Ana Valle.

Nuestro trabajo consiste en la aplicación de una intervención terapéutica gradual de juegos de realidad virtual no inmersiva, aplicados a partir de un sensor de movimiento de manos "Leap Motion Controller" como abordaje complementario al tratamiento convencional de Terapia ocupacional en personas con diagnóstico de fractura/s de metacarpiano/s y/o falange/es. Se aplicarán las evaluaciones: Prueba de Clavijas con Nueve Orificios, EVA y Quick-DASH, que nos permitirán analizar las destrezas manipulativas, el dolor y la funcionalidad de la mano, antes y después de la aplicación de la intervención mencionada; sumado a una Escala Likert de elaboración propia que nos permitirá conocer, luego de la intervención, la percepción subjetiva de cada paciente sobre la experiencia vivenciada.

En el periodo de marzo - junio de 2025 realizamos nuestra práctica pre profesional en la institución, y actualmente, estamos trabajando en la elaboración de nuestra tesis con el propósito de optar por el título de Lic. en Terapia Ocupacional.

Sin otro particular, a la espera de una pronta respuesta, enviamos nuestros saludos atentamente.

Castano, Sofía.
Rossi, Valentina.